

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом</b>

УДК 614.841.42.026.1:633.877

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ71	Ли Людмила Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А. И.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН, ШБИП	Фадеева В. Н.	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ООД, ШБИП	Гуляев М.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В.А.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2019 г.

## Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.04.01 Техносферная безопасность

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Использовать на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний необходимое оборудование, инструменты, технологии, методы и средства обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ПК-3–7; ОПК-1–3, 5; ОК-4–6) <sup>1</sup> , Критерий 5 АИОР <sup>2</sup> (пп.5.2.1, 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Проводить <i>инновационные</i> инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с применением <i>глубоких и принципиальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения.	Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-4, 9, 10, 11, 12), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.2, 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной инженерной деятельности</i> с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности	Требования ФГОС (ПК-4, 6, 14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 7, 8), Критерий 5 АИОР (пп.5.2.5, 5.3.1–2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний, аналитических методов и <i>сложных моделей в условиях неопределенности</i> , анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности	Требования ФГОС (ПК-2, 19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (п.5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных	Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5),

<sup>1</sup> Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 20.04.01 – Техносферная безопасность).

<sup>2</sup> Критерии АИОР (Ассоциации инженерного образования России) согласованы с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой	Критерий 5 АИОР (пп.5.2.5–6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P6	Работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов <i>инновационной инженерной деятельности с использованием иностранного языка</i>	Требования ФГОС (ОК-5, 6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Эффективно работать индивидуально, а также в качестве <i>руководителя группы</i> с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам, понимать необходимость и уметь <i>самостоятельно учиться</i> и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1-3, 5, 8, 11, 12, ОПК 1-4, ПК-18) Критерий 5 АИОР (пп.5.3.3–6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
20.04.01 Техносферная безопасность  
\_\_\_\_\_ В.А. Перминов  
04.02.2019 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ71	Ли Людмиле Николаевне

Тема работы:

Разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом

Утверждена приказом директора (дата, номер)

21.11.2018 № 10395/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2019 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Цель работы – разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом.

Объектом исследования являются лесные природные ландшафты с хвойным лесом.

**Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов**

*(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,*

1. Дать классификацию видам лесных пожаров, определить особенности их возникновения и распространения, так же рассмотреть климатических факторов и виды ЛГМ;
2. Провести выбор методик и установок для определения недостающих параметров;
3. Произвести серию опытов по определению температуры самовозгорания и уменьшению

конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	времени индукции за счет концентрации светового потока; 4. Изучить термические эффекты, возникающие внутри образца ЛГМ при его нахождении в реакционной камере
<b>Перечень графического материала</b>  (с точным указанием обязательных чертежей)	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Доцент ОСТН, ШБИП Фадеева Вера Николаевна, к.ф.н.
<b>Социальная ответственность</b>	Старший преподаватель ООД, ШБИП Гуляев Милий Всеволодович
<b>Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке</b>	Старший преподаватель ОИЯ Ажель Юлия Петровна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>1. Литературный обзор (Literature review)</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2019 г.
--	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	к.т.н		04.02.2019 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ71	Ли Людмила Николаевна		04.02.2019 г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
Уровень образования магистратура  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.03.2019 г.	Сбор сведений и проведение анализа для разработки раздела «Теоретическая часть»	20
25.03.2019 г.	Разработка раздела «Теоретическая часть»	10
08.04.2019 г.	Сбор сведений и разработка раздела «Практическая часть»	25
22.04.2019 г.	Разработка раздела магистерской диссертации на иностранном языке	15
10.05.2019 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
27.05.2019 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А. И.	Д.Т.Н.		04.02.2019

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В.А.	д.ф.-м.н.		04.02.2019

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ71	Ли Людмиле Николаевне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, а также в нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования. Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности исследования.

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН, ШБИП	Фадеева В. Н.	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ71	Ли Людмила Николаевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ71	Ли Людмиле Николаевне

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является методология определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом, реализованная в лаборатории 032 8 корпуса ТПУ.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. 2.2.	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом: <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– загазованность;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП);</li> <li>– неудовлетворительный микроклимат</li> <li>– повышенный уровень напряженности электростатического поля</li> <li>– электроопасность</li> </ul> Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Проведен анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Проведение анализа потенциально возможных ЧС, разработка превентивных мер, действий в результате возникшей ЧС.</li> <li>– Ликвидация последствий.</li> <li>– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
-----------	-----	------------------------	---------	------



Старший преподаватель ООД, ШПИП	Гуляев Милий Всеволодович			
---------------------------------------	------------------------------	--	--	--

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ71	Ли Людмила Николаевна		

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа выполнена на 120 страницах, содержит 30 рисунков, 45 таблиц, имеет 46 источников, список публикаций.

**Ключевые слова:** лесной пожар, пожарный риск, методология, очаг возгорания, природные ландшафты.

**Объект исследования:** лесные природные ландшафты с хвойным лесом.

**Целью работы является** разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом.

**В процессе исследования был произведен** аналитический обзор литературы, статей по заданной тематике, также были поставлены эксперименты по определению температуры самовозгорания.

**В результате исследования** были рассмотрены и проанализированы виды пожара в лесу, их причины, климатические факторы, проведены эксперименты по определению температуры самовозгорания лесных горючих материалов и предложены мероприятия по защите.

**Область применения:** в отделе предупреждения МЧС.

**Экономическая эффективность/значимость работы** сокращение материального ущерба от пожаров в природных ландшафтах с хвойным лесом.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

### 1. Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Пламя** – это видимая зона горения, в которой наблюдаются свечение, сопровождающееся излучением тепла.

**Разогрев** – это нагрев участка древесины наружным источником тепла до температуры воспламенения.

**Воспламенением** называют начальную стадию горения, в течение которой энергия, подводимая к системе извне, приводит к резкому ускорению термохимической реакции.

**Температура вспышки горючих газов** – наименьшая температура, при которой возможен процесс воспламенения и горения газов, образованных над поверхностью горючего вещества.

### 2. Нормативные ссылки

В представленной работе использованы ссылки на следующие стандарты: ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

### 3. Обозначения и сокращения

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

ЛГМ – лесные горючие материалы.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	15
Объекты и методы исследования .....	16
Обзор литературы.....	17
1.1 Основные виды лесного пожара .....	17
1.2 Риск возникновения очагов возгорания в хвойном лесу .....	22
1.3 Природная пожароопасность лесов Томской области.....	26
1.4 Причины пожаров с точки зрения инициируемых процессов. Классификация ЛГМ .....	27
1.5 Ущерб, наносимый пожарами лесу.....	36
1.6 Влияние климатических факторов на пожары .....	40
1.7 Формирование целей и задач экспериментальной части проекта.....	44
2. Экспериментальная часть.....	46
2.1 Описание установки и методики по определению времени индукции зажигания лесных горючих материалов.....	46
2.2 Описание лесного мха как компонента ЛГМ. Основные стадии горения ЛГМ.....	49
2.4 Проведение опытов и результаты .....	51
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	66
4.1 Предпроектный анализ.....	66
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	66
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	66
4.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	67
4.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	69
4.2. Инициация проекта.....	69

4.2.1 Цели и результат проекта.....	69
4.2.2. Организационная структура проекта.....	70
4.2.3 Ограничения проекта.....	71
4.3. Планирование научно-исследовательских работ .....	71
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	71
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	72
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	73
4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	77
4.3.5 Расчет материальных затрат НТИ.....	77
4.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	78
4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	79
4.3.8 Накладные расходы .....	80
4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	81
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	81
5. Социальная ответственность .....	85
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	85
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	85
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. ....	86
5.2. Профессиональная социальная ответственность. ....	87
5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. ....	88
5.2.2. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов, при проведении исследований.....	89
5.3 Экологическая безопасность. ....	97
5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	98

5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	98
5.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды. ....	99
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. ....	99
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. ....	99
5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований. ....	100
Заключение .....	103
Список публикаций.....	103
Список использованной литературы.....	106
Приложение А. Раздел на английском языке .....	110

## **ВВЕДЕНИЕ**

Леса являются одним из основных природных ресурсов и играют важную роль в поддержании экологического баланса. Здоровье леса в любом заданном районе является истинным показателем экологических условий, преобладающих в этом районе. Частое возникновение пожаров является одной из причин деградации лесов в России.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, ежегодно в России происходят лесные пожары в тайге, где в основном преобладают хвойные виды деревьев. Огонь – величайший враг для растительности и диких животных. Пожар уничтожает органические вещества, которые необходимы для поддержания оптимального уровня гумуса в почве, нарушает природное равновесие и влияет на популяции и места обитания диких животных. Ежегодные пожары могут снизить рост трав и кустарников, что может привести к усилению эрозии почвы. Лесные пожары считаются потенциальной опасностью с физическими, биологическими, экологическими и экологическими последствиями, наносят огромный ущерб экономике и человеку.

Цель данной работы – разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом.

Задачи:

- 1) Дать классификацию видам лесных пожаров, определить особенности их возникновения и распространения, так же рассмотреть климатических факторов и виды ЛГМ;
- 2) Провести выбор методик и установок для определения недостающих параметров;

- 3) Произвести серию опытов по определению температуры самовозгорания и уменьшению времени индукции за счет концентрации светового потока;
- 4) Изучить термические эффекты, возникающие внутри образца ЛГМ при его нахождении в реакционной камере.

Практическая значимость результатов заключается в сокращении материального ущерба от пожаров в природных ландшафтах с хвойным лесом.

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования в представленной работе выбран природный ландшафт с хвойным лесом Томской области.

Методы исследования:

- 1) аналитический обзор информации, литературы, статей по заданной тематике;
- 2) постановка эксперимента по определению температуры самовозгорания лесной подстилки хвойного леса – мох (сфагнум), опад хвойных пород (иглы).



## **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Основные виды лесного пожара**

Россия – лесная держава. Миллионы гектар леса простираются на огромной площади страны. И одной из проблем, ежегодно возникающих на территории лесов России – лесные пожары. Лесной пожар распространяется стихийно, причиняя вред всему живому, что встречается на его пути, являясь причиной уничтожения трав, мхов, лесного полога, кустарников, торфяных и почвенных горизонтов.

Важнейшим условием пожара в лесных ландшафтах является наличие горючих лесных материалов, которые подвержены горению. Тип ЛГМ, количество, структура, состояние и местоположение – характер распространения огня по всей территории зависит от всех этих факторов. Следует отметить, что лесной пожар часто начинается с возгорания этих материалов, так как они обладают способностью высыхать в течение короткого периода времени после увлажнения. Как правило, к таким лесным горючим материалам относят сухую траву, мох, лишайники.

Важным условием развития лесного пожара является его распространение по площади в зависимости от скорости распространения пожара. Что может определять скорость распространения огня? Это может зависеть от воздействия ветра и рельефа местности, таких как растительный материал. Согласно многочисленным наблюдениям, на крутом склоне с сильными порывами ветра могут развиваться очень сильные пожары на низких уровнях, даже если активный запас лесных горючих материалов мал. Характерной особенностью будет тот факт, что сила лесного пожара меняется в течение дня в зависимости от времени суток, места горения и погодных условий. В общем, сила огня будет определяться интенсивностью горения его края пламени, высотой пламени и скоростью распространения огня. [2].

К основным видам лесных пожаров относят низовой, верховой, подземный.

Для первого вида лесных пожаров (низового) характерно распространение по напочвенному покрову. Горит при этом лесной опад, который состоит из небольших веток, хвои, листьев, коры; лесная подстилка; напочвенный покров из мхов, лишайников и трав; подлесок, самосев и всходы растений, кора нижних частей древесных стволов, порубочные остатки и прочие горючие материалы, которые находятся на поверхности почвы.



**Рисунок 1 – Низовой пожар**

Низовой пожар подразделяется на два вида: беглый низовой пожар и устойчивый низовой пожар.

Для беглых низовых пожаров характерен осенний период, когда ночью наблюдаются отрицательные, а днем – положительные температуры воздуха, из-за этого происходит быстрое высыхание травянистой растительности. Скорость пожара составляет около 180-300 м/час. Количество биомассы, сгораемой при беглых низовых пожарах незначительно, области с высокой влажностью остаются незатронутыми, а область, покрытая огнем, имеет

пятнистую структуру. Низовые пожары уничтожают подрост, всходы и подлесок, также обгорают кора нижней части деревьев. В некоторых случаях пожар может переходить и в верховой, что характерно для молодых хвойных насаждений с низкими кронами [4].

Устойчивые лесные пожары характеризуются полным сгоранием лесной подстилки и почвенного покрова. Этот тип пожара обычно развивается в середине леса, когда ЛГМ высыхает по всей толщине. На участках, подверженных этому виду пожара, полностью сгорают подлесок, лесная подстилка, и поваленные деревья. Обгорают стволы и корни деревьев, насаждения серьезно повреждаются, а часть деревьев гибнет. Распространенным последствием устойчивых низовых пожаров является заражение поврежденных древостоев вторичными вредителями. Данные пожары на торфяных почвах могут перерасти в торфяные, а в многоярусных насаждениях и молодняках – и в верховые. Доля низовых пожаров от общего количества пожаров в лесах достигает 97%, а площадь, пройденная ими, составляет почти 90%. [4].

Нередко огонь устойчивого низового пожара несколько раз проходит по одной площади. В первую очередь сгорает поверхностный слой подстилки, после чего просушивается и сгорает нижний слой. Особую опасность представляют устойчивые низовые пожары для древостоев с поверхностной корневой системой, где возвращение пожара может привести к полной гибели уже ослабленного древостоя. При устойчивом пожаре скорость распространения огня варьируется от нескольких метров до 300 м/ч [4].

Устойчивый низовой пожар зачастую является второй стадией развития беглого. Низовой пожар начинается с возгорания верхнего легковоспламеняющегося слоя напочвенного покрова, распространяется на некоторую площадь, после чего углубляется в подстилку и становится устойчивым.

**Верховой пожар.** Данный вид пожара охватывает верхний полог леса и распространяются со скоростью 8-25 км/ч, а иногда и до 100 км/ч. Огонь распространяется по кронам деревьев, но при этом горит практически весь древостой.



**Рисунок 2 – Верховой пожар**

Верховым пожарам наиболее подвержены хвойные молодняки на сухих почвах. В горной местности все хвойные насаждения, расположенные на перевалах или в верней части крутых склонов, являются объектом возникновения верховых пожаров. Низовой пожар, быстро движущийся по склону, подсушивает и подогревает кроны деревьев, расположенных выше, а при подходе к ним низового огня происходит в большинстве случаев вспышка крон и возникновение верхового огня. Появлению и распространению этих пожаров в большой степени способствуют сильные ветры и засухи.

**Подземный (торфяной) пожар** возникает в результате воздействия огня низового пожара на торфяной слой почвы. Для торфяного пожара характерно распространение огня в торфяном слое почв. Горят при этом слои торфа и гумуса. В результате корни древесных пород, находящиеся в них,



сгорают или обгорают. Торфяной пожар способен развиваться в течение всего года. Как правило, причиной этого пожара является заглубление низового пожара в торфяную почву.



**Рисунок 3 – Подземный (торфяной) пожар**

В случае торфяного пожара наблюдается беспламенное горение, которое способно прожечь всю глубину вплоть до минерального слоя или влажного горизонта почвы. Поверхностные слои торфа могут оставаться нетронутыми, а под ними находятся горящие каверны глубиной 1,0-1,5 м. Данное обстоятельство очень затрудняет установление кромки пожара.

Скорость распространения торфяного пожара сравнительно мала и колеблется от нескольких сантиметров до нескольких метров в день. Существует такое понятие, как крупный лесной пожар - это пожар на площади более 25 га в районах интенсивного земледелия и более 200 га в таежной зоне. Доля таких пожаров в общем количестве пожаров составляет 2% в год, а покрываемая ими площадь достигает 60-70% лесов, пострадавших от пожаров в год. [9].

## **1.2 Риск возникновения очагов возгорания в хвойном лесу**

Риск — вероятностная мера реализации опасности. Отсутствие риска — это и есть состояние безопасности, или другими словами, отсутствие самой возможности её реализации. На практике полная безопасность невозможна, покуда существует источник опасности. Серьезную опасность для окружающей среды, экономики и населения представляют пожары в природных условиях — так называемые ландшафтные пожары [10].

Следует отметить, что в настоящее время лесные пожары являются одним из видов экологического риска. Существует высокая вероятность причинения значительного ущерба экосистеме и негативного воздействия на безопасность и здоровье человека в ходе ее реализации. Это связано как с прямыми тепловыми воздействиями открытого пламени, так и с образованием больших объемов продуктов сгорания или термическим разложением различных материалов, что представляет серьезную опасность для жизни и здоровья всех частей экосистемы и человека.

Пожарный риск — это вероятность возникновения пожара и его реализации на защищаемом объекте и степень возможного вреда, причиненного им материальному имуществу, жизни и здоровью людей. Иными словами, пожарный риск — это количественная характеристика, отражающая возможность реализации пожарной опасности и ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах [15].

Из вышесказанного следует вывод, что мероприятия по снижению риска важны и необходимы. С их помощью можно предотвратить чрезвычайные ситуации, тем самым, избежать ущерба. А ущерб, как правило, во много раз превосходит величину экономических потерь после ЧС.

Важным аспектом является своевременное обнаружение лесных пожаров, так как усилия, необходимые для локализации и полного тушения, растут в геометрической прогрессии с течением времени. Ежегодное

количество пожаров на лесных территориях страны составляет от 10 до 35 тысяч. Для борьбы с пожарами в лесу выделяется несколько миллиардов рублей, материальный же ущерб составляет около 20 миллиардов рублей [3].

Основная проблема пожаротушения - отсутствие воды для тушения. Водоснабжение пожарной охраны пожаротушения неадекватно. Часть лесных и торфяных пожаров свирепствовала вдали от цивилизации и в труднодоступных местах. Опыт показывает, что большинство пожаров произошло на заброшенных полях и в крупных сплошных рубках. Там, где сельское и лесное хозяйство работают хорошо, где практикуется ответственное и устойчивое землепользование, не было таких катастрофических пожаров, как в залежных землях. Отказ от сельскохозяйственных угодий, используемых в сельском хозяйстве, затем обширная вырубка, нелегальная вырубка и чрезмерное использование лесов в значительной степени способствовали возникновению нестабильной ситуации, в результате чего пожары могли быстро распространяться. И, к сожалению, в таких местах требуемая задержка воды при тушении обычно не дается. Точки подачи воды из ручьев, каналов или рвов либо отсутствовали, либо высохли совсем.

Таким образом, столь необходимая вода для тушения должна была быть поднята автоцистернами и пожарными самолетами, иногда на большие расстояния к различным источникам огня. Часто пламя не только остается на земле, но и возникают разрушительные пожары в кронах деревьев. Пламя распространяется от короны к короне, и такие огни быстро приобретают огромные размеры. Это одна из основных причин, по которой даже после более чем двух месяцев примерно 250 000 спасательных команд все еще не справились с разрушительными пожарами на местах, в степях, кустах, лесах и торфах. Эффективность использования 54 пожарных самолетов и 300 пожарных машин также была значительно переоценена.

Против таких катастрофических пожаров, которые преобладали в европейской части России в 2010 году, только пожарные самолеты и пожарные

машины смогут внести эффективный вклад в борьбу с пожарами. В борьбе с полевыми, степными, кустарниковыми, лесными и торфяными пожарами решающее значение имеет быстрота действия, потому что важна каждая секунда. Поэтому необходимо постоянно находиться в точках водоснабжения для непрерывной подачи воды и обеспечить адекватное противопожарное водоснабжение пожарных команд. Общая цель должна состоять в том, чтобы определить местонахождение пожаров как можно раньше, а затем успешно безотлагательно бороться с ними, чтобы предотвратить развитие крупных пожаров. Такая стратегия сведет к минимуму ущерб людям, природе и окружающей среде.

Основным опасным событием, которое вытекает из образования очагов возгорания, это **пожар**.

Было составлено дерево событий, где головным событием будет являться пожар, что позволит наглядно продемонстрировать логическую цепочку событий, из-за которых он возможен [11].

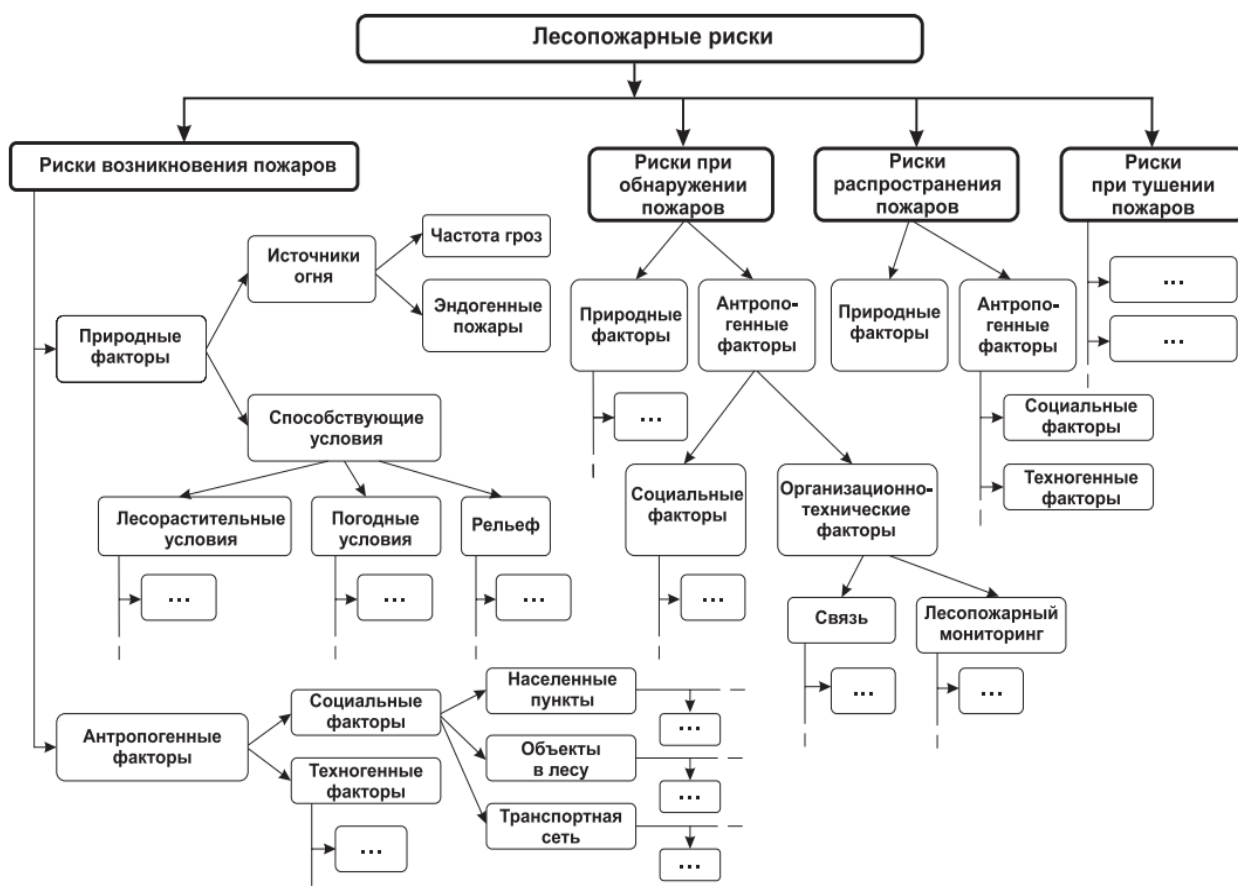


Рисунок 4 – Дерево событий возникновения пожара в природных ландшафтах с хвойным лесом.



При оценке рисков лесных пожаров, как правило, исследуется:

- 1) возможность устранения лесного пожара на начальном этапе первичными и импровизированными средствами пожаротушения;
- 2) соответствие и состояние элементов противопожарной системы характеристикам лесной территории;
- 3) достаточность и состояние огневых сил и средств для обеспечения эффективного оперативного контроля лесных пожаров;
- 4) организационные и технические меры по борьбе с лесными пожарами с целью определения несогласованности с установленными нормативными документами;
- 5) наличие и состояние пожарных водоемов;
- 6) проверка соответствия требований плану пожаротушения территорий;
- 7) общее число, состояние и практические навыки пожарных и пожарных для тушения лесных пожаров;
- 8) количество добровольных пожарных формирований, их оснащение и обучение для ликвидации лесных пожаров;
- 9) наличие объектов противопожарной защиты, людей, которые могут быть задействованы и технического оснащения в ближайшем населенном пункте.



**Рисунок 5 – Классификация лесопожарных рисков [4]**

Исходя из вышесказанного, можно сказать, что проблема лесных пожаров для России очень актуальна, так как леса занимают 45% от всей площади страны. Причины возгораний могут быть различны, но основную лепту вносит человек. Оценка лесопожарных рисков дает возможность предвидеть различные сценарии развития неблагоприятных событий, и, в случае реализации риска, предпринять своевременные меры.

### **1.3 Природная пожароопасность лесов Томской области**

Томская область, площадью 317 тыс. км<sup>2</sup>, расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Луга и кустарники занимают незначительную площадь. Растительный покров преимущественно составляют леса и болота. Территория Томской области относится к трем лесорастительным зонам по условиям произрастания древесных пород:

- среднетаежные леса;

- южнотаежные леса;
- подтаежные леса.

Широкое распространение нашли темнохвойные и смешанные леса. Сосново-кедровые леса распространены в бассейне рек Оби и Кети.

В настоящее время в районах средней и северной части южной тайги ведутся интенсивные исследования человеком таких областей, как добыча нефти и газа, промышленная заготовка древесины, разведка новых месторождений и геологическое изучение. Недоступность этих районов обусловлена риском возникновения пожаров, поскольку невозможно своевременно реагировать, что в будущем затрудняет определение причин лесных пожаров. [4].

Средний лесной покров области по данным лесного фонда Томской области составляет около 60%. Широкое распространение болот объясняет низкий лесной покров северных, северо-восточных и западных районов, а также южных регионов, что обусловлено сельскохозяйственным развитием территории. Томская область гораздо лучше обеспечена лесами, чем соседние с ней субъекты. Так, если сравнивать с приграничными регионами, то лесной покров Новосибирской области составляет 24%, Тюменской области - около 34%, Красноярского края - 48%. На основании этих данных можно сказать, что проблема лесных пожаров для Томской области является очень актуальной из-за высокого лесного покрова субъекта.

Общий запас древесины в Томской области составляет около 3% запасов древесины в России (3 млрд. м<sup>3</sup>), что составляет более 30% сырьевых ресурсов Западной Сибири.

#### **1.4 Причины пожаров с точки зрения инициируемых процессов. Классификация ЛГМ**

Лесные пожары – одно из самых непредсказуемых бедствий, борьба с огнем часто бывает отчаянной и безнадёжной. Это стихийное бедствие может

быть вызвано ударами молнии в сочетании с длительными периодами засухи. Но большинство лесных пожаров в настоящее время вызваны людьми. И Россия не исключение. Многие леса и луга усеяны дикими очагами, где готовят шашлык. Даже небрежно выброшенные сигареты или спички уже вызвали множество серьезных пожаров. Кроме того, целенаправленный поджог и вандализм все чаще становятся причиной пожаров во всем мире. Эксперты считают, что только 10 процентов всех лесных пожаров вызваны естественным от удара молнии.

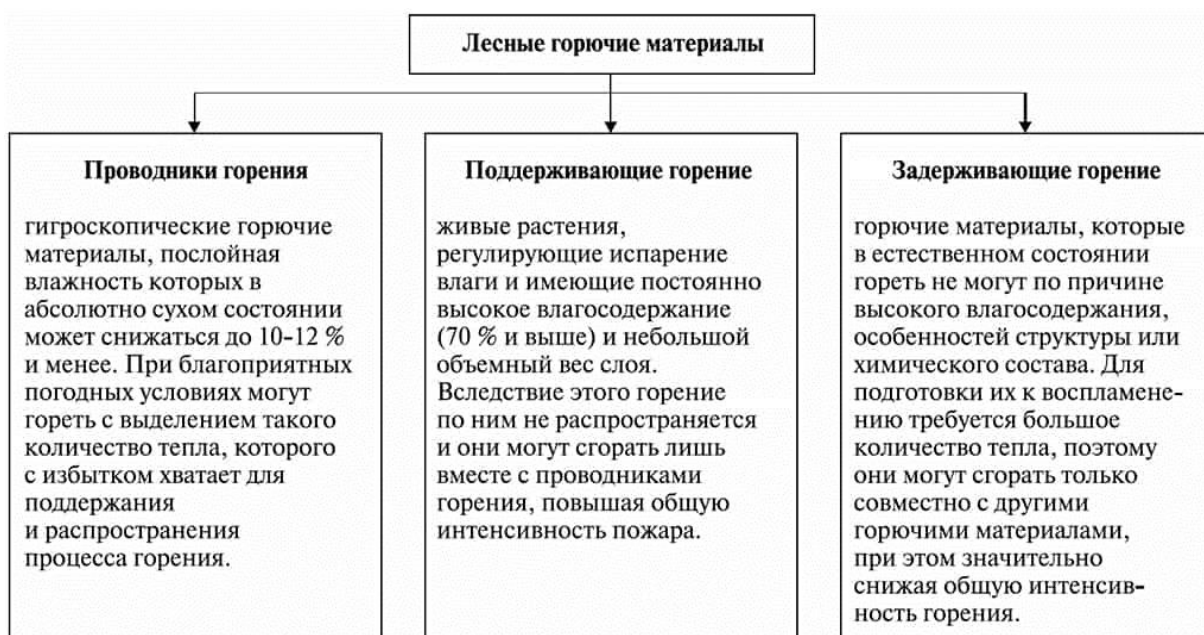
Условия произрастания леса в регионе способствуют развитию в основном низовых пожаров (95%), на верховые пожары приходится всего около 5%, а подземные пожары в регионе происходят очень редко.

Общая естественная пожароопасность лесов Томской области относительно невелика, поскольку преобладают участки влажно-моховых и болотно-моховых лесов, а участки с лишайниковым и сухим покровом встречаются значительно реже. Высокая влажность ЛГМ удерживает эти леса большую часть пожарного сезона негоримыми. Однако с началом длительной засухи мох и растительный покров и лесной мусор высыхают, и тогда большое накопление органических веществ на поверхности почвы превращается в основной источник пожарной опасности.

Согласно наиболее распространенной классификации лесных пожаров выделяются три вида пожаров по характеру распространения пламени (низовой, верховой и торфяной) и два по степени его устойчивости пламени (беглый и устойчивый). Низовой лесной пожар является наиболее распространенным из всех 97-98 % от общего числа пожаров ежегодно, и представляет существенную опасность не только для надземной части дерева, но и для корневой системы. Одним из определяющих процессов лесного пожара является процесс термического разложения древесины и лесных горючих материалов.

Лесные горючие материалы включают в себя растения (мертвые или живые), а также их остатки разной степени разложения, которые полностью или частично сжигаются при лесном пожаре. Они состоят в основном из волокон, химический состав которых  $C_6H_9O_4$ . Теплота сгорания сухого ЛГМ обычно колеблется в пределах 17 ... 21 МДж / кг [1].

Основоположником национальной классификации, отражающей функции, выполняемые ЛГМ при пожаре, является Н. П. Курбатский, который разделил все ЛГМ на три категории:



**Рисунок 6 – Классификация ЛГМ**

При этом необходимо понимать, что горение может распространяться только тогда, когда содержание влаги в ЛГМ находится в необходимом для этого диапазоне. Если это не так, то проводник горения может стать задерживающим горение.

Кроме того, Н.П. Курбатский выделил семь групп ЛГМ:

I – слои из мхов, лишайников и мелких растительных остатков (опад, травяная ветошь);

II – подстилка, перегнойный и торфяной горизонты почвы; III – травы и кустарнички;

IV – крупные древесные остатки (валежник, сухостой, сучья, пни, порубочные остатки);

V – подрост, кустарники;

VI – хвоя и листва растущих деревьев (вместе с мелкими веточками до 7 мм); VII – стволы растущих деревьев и живые сучья толще 7 мм.

ЛГМ каждой группы в различных биогеоценозах могут существенно различаться по своим пирологическим свойствам. Поэтому требуется дальнейшая классификация внутри групп на однотипные комплексы ЛГМ [6].

Классификацию ЛГМ внутри I группы предложил Э.В. Конев. Он разделил их по виду горючего на отмерший травостой, опавшую хвою, опавшую листву, лишайники и некоторые мхи. [14] Существует множество других классификаций лесного горючего материала, их отличают различия в подходах и формах представления, что свидетельствует о том, что на сегодняшний день не существует общепринятой классификации ЛГМ в лесной пирологии. Это препятствует унификации нормативного справочного материала и возможности использования данных лесопользования, а также усложняет формализацию исходных данных, необходимых для использования современных информационных технологий.

Чтобы решить проблемы прогнозирования поведения лесных пожаров, классификация ЛГМ должна быть привязана к общепринятой классификации лесных пожаров и единой шкале пожарной опасности в соответствии с погодными условиями или в местном масштабе.

Наиболее логично классифицировать ЛГМ в соответствии с общепринятой классификацией лесных пожаров, то есть в соответствии с расположением конкретного горючего материала в многоуровневом лесном покрове лесов и его ролью в процессе горения. (табл. 1). Поскольку лесные пожары делятся на три основных типа (верховые, низовые, торфяные), различающиеся по участию в сжигании различных ярусов ЛГМ, логично

выделить группы, которые предоставляют эти типы пожаров при классификации ЛГМ. Можно придерживаться категорий Н.П. Курбатского при оценке роли различных ЛГМ в распространении горения [15].

Таблица 1 – Рекомендуемая классификация ЛГМ при прогнозировании поведения пожаров в зоне бореальных лесов

Группа ЛГМ	Категория ЛГМ		
	Проводники Горения	Поддерживающие горение	Задерживающие горение
<b>Почвенные</b>	Подстилка, перегной, торфф, дернина	Корни сухостоя	Живые корни древостоя
<b>Напочвенные</b>	Мхи, лишайники, мелкий сплошной опад (не толще 2 см), травяная ветошь, вереск (при сильном ветре)	Некоторые виды кустарничков (багульник болотный, вереск (при сильном ветре), брусника, голубика и др.), самосев, подрост и подлесок хвойных пород (высотой до 3 м), горючие кус-тарники, валежник, сухостой в комлевой части, пни, порубочные остатки	Вегетирующие травы, листва подроста, некоторые кустарнички (например, толокнянка)
<b>Кроновые</b>	Хвоя и несущие побеги (толщина 7 мм) в кронах древостоя, подроста и подлеска (высотой более 3 м)	Сухостой, стволы (особенно засмоленные и дуплистые), толстые сучья и сухие ветви растущих деревьев	Листва древесных пород

Представленная классификация (табл. 1) при наличии информации о лесных горючих материалах позволяет прогнозировать возможные виды лесных пожаров на охраняемой лесной территории.

Чтобы можно было оценить пожарную зрелость лесного участка, т. е. возможен или не возможен будет на нем низовой пожар в случае появления там источника огня, напочвенные проводники горения разбиваются на пять классов пожарной опасности в зависимости от погодных условий (табл. 2). Влияние периода пожароопасного сезона, влажности почв и полноты насаждений учтено на основе данных работы [2].

Таблица 2 – Шкала пожарной опасности напочвенных проводников горения на лесопокрытой площади лесов бореальной зоны

Класс пожарной опасности напочвенных проводников горения	Типы напочвенных проводников горения с учетом периода пожароопасного сезона, влажности почв и полноты насаждений	Критический класс пожарной опасности по условиям погоды и значения показателей КП, ПВ-1, ПВ-2
I	Гипновые мхи и сфагнумы на заболоченных почвах. Сфагнумы в высокополнотных насаждениях. Политрихумы в средне- и высокополнотных насаждениях. Травяная ветошь в смеси с живой травой (летом).	V КП = 12001...24000 ПВ-1= 1601...3000 ПВ-2= 6001...8000
II	Плотный опад в высокополнотных насаждениях. Травяная ветошь из крупнотравья в высокополнотных насаждениях (весной). Политрихумы в низкополнотных насаждениях. Сфагнумы в низко- и среднеполнотных насаждениях.	IV КП = 4001...12000 ПВ-1= 851...1600 ПВ-2= 3501...6000
III	Плотный опад в среднеполнотных насаждениях. Зеленые мхи на дренированных почвах в среднеполнотных насаждениях. Травяная ветошь из крупнотравья в среднеполнотных насаждениях (весной). Травяная ветошь злаков и осок в высокополнотных (весной) и в низкополнотных (летом) насаждениях. Блестящие и зеленые мхи на дренированных почвах в высокополнотных насаждениях.	III КП = 1001...4000 ПВ-1=501...850 ПВ-2= 2101...3500
IV	Лишайники (возможно с примесью зеленых мхов), верещатники на сухих почвах в средне- и высокополнотных насаждениях. Блестящие и зелёные мхи на дренированных почвах в средне- и низкополнотных насаждениях. Зеленые мхи на слабодренированных почвах в низкополнотных насаждениях. Травяная ветошь злаков и осок в средне- и низкополнотных насаждениях (весной). Травяная ветошь из разнотравья и крупнотравья в низкополнотных насаждениях (весной).	II КП = 301...1000 ПВ-1= 201...500 ПВ-2= 1201...2100
V	Лишайники (возможно с примесью зеленых мхов) в низкополнотных насаждениях.	I КП= 0...300 ПВ-1= 0...200



	Травяная ветошь разнотравья с опадом листвы в низкополнотных насаждения и рединах (весной).	ПВ-2= 1000...1200
--	---	-------------------

Шкала очередности загорания (табл. 2) позволяет по значениям комплексного показателя (КП) Гидрометцентра или показателя ПВ-1 судить о возможности возникновения там низового пожара при появлении источника огня.

Переход низового пожара в грунт происходит при высоких классах пожарной опасности в погодных условиях, когда почвенный покров представляет собой сфагнум. Возможность возникновения почвенного пожара оценивается по показателю ПВ-2.

Огонь от верхового пожара возможен в высокополнотных (полнота 0,7 ... 1.0) хвойный молодняках, высота которых составляет до 10 м или в хвойных насаждениях до 10 – 20 м при наличии пожароопасного подлеска или густого подлеска и сухостоя. Крутизна склона 10° и более создает ступенчатую конструкцию древостоя и тем самым увеличивает риск возникновения верхового пожара. Поэтому, чтобы оценить возможность перемещения огня в, необходимо дополнительно знать характеристики насаждений, подлеска и иметь информацию о рельефе местности.

Информация о лесных горючих материалах позволяет оценить только одну сторону пожарной опасности лесных массивов. Вторая сторона – оценка содержания влаги в ЛГМ, а третья – оценка вероятности возникновения очагов пожара в лесах.

В настоящее время горением называют все быстро протекающие реакции в веществе, которое в исходном состоянии инертно. При этом решающим при отнесении данного вида превращения вещества к реакции горения является выделение тепла и/или активных реакционных частиц, а не ее химическое содержание [13].

Основой процесса горения принято считать химическую реакцию, способную протекать с прогрессирующим самоускорением, либо за счет механизма образования химически активных промежуточных продуктов (цепное горение), либо вследствие накопления выделяющегося тепла (тепловое горение). Протекающие при горении химические процессы очень сложны.

Даже для наиболее простого случая – горения водорода в кислороде на данный момент установлено и изучено всего несколько десятков элементарных стадий. Также подробно исследованы механизмы химических реакций при горении только для нескольких веществ: метана, этана и оксида углерода. Эти знания используют для прогнозирования условий воспламенения и горения других веществ.

Для всех процессов горения, ключевую роль играют условия распространения зоны реакции и критические явления вне зависимости от их химической природы процесса.

Критические явления при возникновении процесса горения – это резкое изменение режима протекания при малом изменении внешних условий [13]. Различают два вида теплового воспламенения: самовоспламенение и вынужденное воспламенение (зажигание). В случае теплового воспламенения также различают два процесса: самовозгорание и самовоспламенение.

Самовозгорание – это самопроизвольное возникновение горения вследствие постепенного накопления теплоты при протекании экзотермических реакций в твердых горючих материалах, позволяющих возникнуть самовоспламенению [14].

Самовоспламенение – это резкое самоускорение экзотермических химических реакций, начальная стадия горения [15]. Тепловое самовоспламенение наиболее характерно для реакций, которые сильно зависят скорости ее протекания, температуры и имеют значительный тепловой эффект [14].

Первые представления о причинах теплового самовоспламенения веществ в качественном виде даны Я. Вант-Гоффом (1883 г.). Теорию теплового самовоспламенения разработал Н. Н. Семенов (1928 г.). Согласно этой теории, самовоспламенение веществ можно представить следующим образом: при подводе теплоты к горючему веществу или материалу можно достигнуть такой температуры, при которой начинает протекать медленная реакция окисления. Реакция сопровождается выделением теплоты и в какой-то момент достигается такое состояние, когда скорость прихода тепла в результате реакции станет выше скорости отвода тепла из реакционной зоны в окружающее пространство. В этом случае реакционная зона разогреется до температуры выше той, до которой ее нагрели изначально. С увеличением температуры скорости реакции и теплообразования увеличиваются, также увеличивается и скорость теплоотвода, но все же медленнее, чем скорость реакции.

Температурой самовоспламенения называется температура, при которой выделяющаяся теплота становится больше отводимой. Температура самовоспламенения зависит от условий теплоотдачи и от химического состава смеси. Начиная с температуры самовоспламенения, происходит интенсивное саморазогревание реакционной зоны и самоускорение реакции, приводящее к тепловому самовоспламенению (появлению пламени) реагирующего вещества.

Следует сказать, что лесные горючие материалы являются неплавящимися твердыми веществами, для которых выделяют пять основных стадий горения:

- 1 – прогрев твердой фазы; толщина зоны зависит от температуры и теплопроводности вещества;
- 2 – пиролиз, или зона реакции в твердой фазе, в которой образуются летучие горючие вещества;
- 3 – предпламенная область в газовой фазе, в ней образуется смесь с окислителем;

4 – реакционная зоны, или пламя, в газовой фазе которой происходит превращение продуктов пиролиза в летучие продукты горения;

5 – образования продуктов горения.

### **1.5 Ущерб, наносимый пожарами лесу**

Анализируя события последних десятилетий можно говорить о том, что лесные пожары превратились из природного регулирующего фактора в катастрофические явления, ведущие к экологическому, экономическому и социальному ущербу. Повышенные температуры лесных пожаров оказывают негативное влияние на лесные древостои, приводя к их повреждению и даже гибели [1].

Для различных пород деревьев повреждения, полученные в результате воздействия лесного пожара, будут иметь неодинаковый характер и последствия. Большая часть повреждений, наносимых дереву, ограничивается поверхностными ожогами, но это справедливо лишь до тех пор, пока не затрагивается камбий, для которого температура 54-57 °С уже является смертельной. Степень поражения камбия огнем зависит от толщины коры, глубины прорастания корней, высоты ствола до начала живой кроны, а также от количества в коре смолистых веществ. В связи с этим наиболее уязвимыми для воздействия всех типов лесных пожаров являются хвойные деревья различных пород. С точки зрения подверженности корней дерева воздействию повышенной температуры фронта пламени лесного пожара наиболее уязвимыми являются хвойные деревья таких видов как сосна сибирская и кедр сибирский имеющие поверхностную корневую систему.

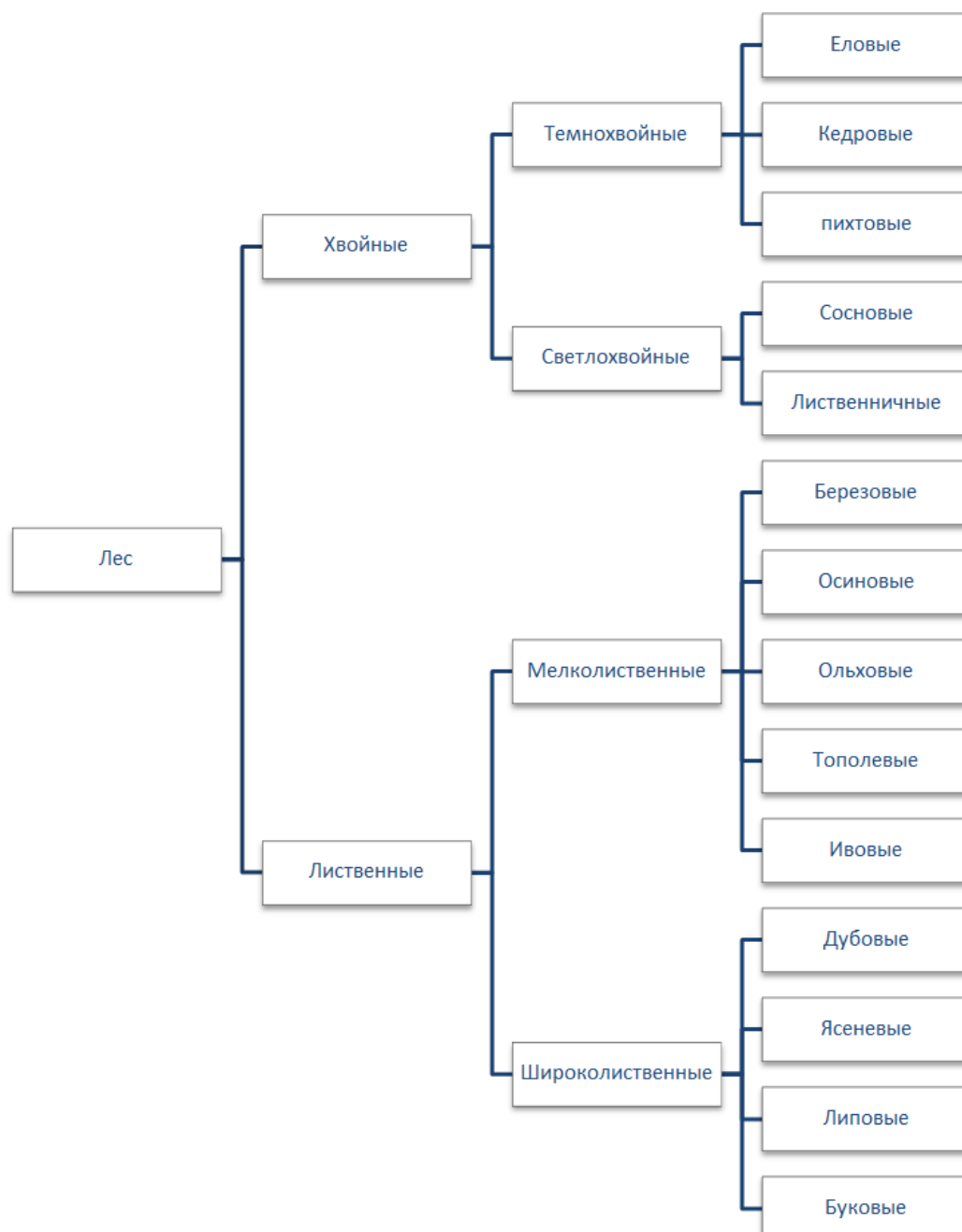
Таблица 3 – Оценка площади повреждённых пожарами лесов России по категориям состояния

Год	Площади лесов различных категорий состояния, тыс. га			
	Неповреждённые и ослабленные	Сильно ослабленные	Усыхающие	Погибшие
<b>2006</b>	2148,7	143,4	536,4	1295,1
<b>2007</b>	1109,6	108,2	239,6	334,1

<b>2008</b>	6223,3	232,8	848	1608
<b>2009</b>	2333,4	177,8	530,2	901,9
<b>2010</b>	1112	237,5	462	1019,2
<b>2011</b>	1427,7	336,6	982,9	1364,7
<b>2012</b>	3424,2	942,8	3042,1	3632,6
<b>2013</b>	976,4	223,2	802,7	1464,4
<b>2014</b>	1248,9	256,2	1083,2	2033,4
<b>2015</b>	2141,3	141,5	599,1	1128,9
<b>2016</b>	2848,3	381,4	1189,6	1859,1
<b>2017</b>	1131,7	233,3	729,1	1435,8
<b>В среднем в год</b>	2177,1	284,5	920,4	1506,4
<b>%</b>	44,54	5,82	18,83	30,81

Общая площадь убитых в лесах 2006–2017 гг. Составила около 29,1– 10<sup>6</sup> га. Межгодовые вариации гибели пирогенных лесов характеризуются достижением максимального значения в 2012 году, отмеченного экстремальным уровнем воспламеняемости. Доля мертвых лесов в зоне пожара варьируется в разные годы в диапазоне от 28 до 67%, а его многолетнее среднее значение составляет 50%. Анализ полученных данных позволил установить наличие ярко выраженной сезонной динамики территории, покрытой огнем и пирогенным разрушением лесов России.

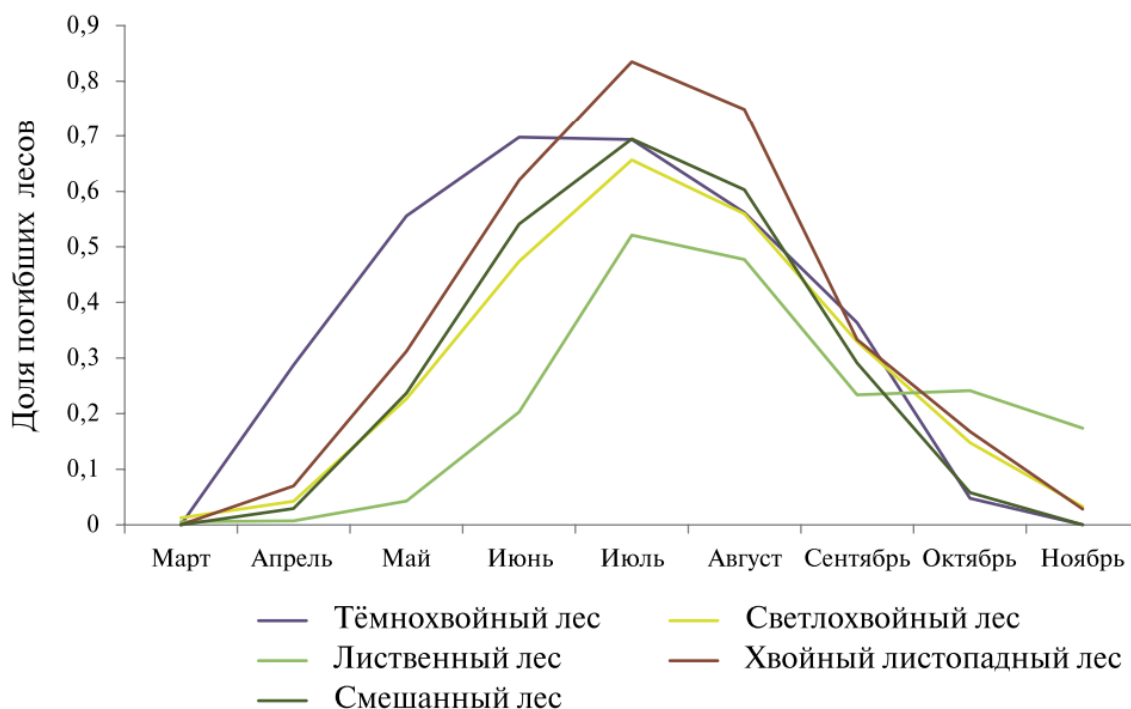
Средняя долгосрочная сезонная динамика площади, покрытой огнем, характеризуется максимумом в августе, а пожары, происходящие в этом месяце, затрагивают около 24,5% площади лесов, поврежденных в течение года. Высокий уровень пожаров характерен в целом для летнего периода, а также для апреля и мая. В то же время следует отметить низкий уровень разрушительного воздействия весенних пожаров, приводящих к уничтожению лесов на 13,3% территории, покрытой огнем. Максимальный ущерб лесам наносят пожары, которые происходят в июле и сопровождаются гибелью до 7% посевных площадей.



**Рисунок 7 - Систематические единицы в лесной геоботанике**

Оценка доли пирогенных потерь лесов в общей площади отдельных видов деревьев, подвергшихся влиянию огня, может служить критерием их огнестойкости. Сравнительный анализ полученных значений указанного критерия позволяет сделать вывод о том, что леса темнохвойных пород характеризуются наименьшим уровнем огнестойкости, около 63% из которых погибают при пожаре. Наиболее уязвимыми являются густые хвойные леса до 40 лет, особенно сосны. Посадка деревьев лиственных пород вместе с хвойными деревьями снижает риск возгорания. Лесоводческие мероприятия,

например, посадка смешанных насаждений, снижают риск возникновения пожара.



**Рисунок 8 – Среднемноголетняя сезонная динамика пирогенной гибели лесов в зависимости от их принадлежности к различным группам древесных пород**

Согласно результатам исследования, леса группы лиственных пород могут быть классифицированы как огнестойкие леса, воздействие огня на которые, в среднем, приводит к гибели всего 13% их общей площади. Риск пожара в легких хвойных лесах достаточно высок, что приводит к гибели лиственничных и сосновых лесов в 59 и 44% площади, охваченной огнем. Анализ показал, что доля мертвых насаждений в зоне, покрытой огнем, для разных видов имеет ярко выраженную сезонную динамику с максимумом в июле и низкими значениями для весенних и осенних пожаров (рис. 8). Полученные эмпирические сезонные зависимости вероятностей пирогенной гибели лесов различного видового состава могут быть использованы для построения статистических моделей в интересах оперативного прогнозирования. [10].

## 1.6 Влияние климатических факторов на пожары

Как было уже сказано выше, основным фактором, определяющим возможность возникновения пожара на лесном участке, является влажность опада, мха и подстилки. Изменение влажности напочвенных ЛГМ под влиянием метеорологических условий служит главной причиной колебания пожарной опасности в пределах пожароопасного сезона.

Таблица 4 – Температура воздуха в Томской области

Месяц	Абсолют. минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолют. максимум
январь	-55.0 (1931)	-20.9	-17.1	-13.0	3.7 (1948)
февраль	-51.3 (1951)	-18.9	-14.7	-9.6	7.5 (2016)
март	-42.4 (1892)	-12.0	-7.0	-1.1	17.7 (2009)
апрель	-31.1 (1964)	-3.4	1.3	7.0	29.5 (2017)
май	-17.5 (1898)	4.7	10.4	17.5	34.4 (2004)
июнь	-3.5 (1961)	10.5	15.9	22.3	34.7 (1931)
июль	1.5 (1945)	13.7	18.7	24.8	35.6 (2014)
август	-1.6 (1902)	11.0	15.7	21.7	33.8 (1998)
сентябрь	-8.1 (1955)	5.1	9.0	14.4	31.7 (2010)
октябрь	-29.1 (1940)	-1.4	1.7	6.0	25.1 (1928)
ноябрь	-48.3 (1952)	-11.4	-8.3	-4.7	11.6 (2006)
декабрь	-50.0 (1938)	-18.9	-15.1	-11.1	6.5 (1975)
год	-55.0 (1931)	-3.5	0.9	6.2	35.6 (2014)

Климатические параметры теплого периода года Томской области: средняя максимальная температура воздуха колеблется в пределах от 22,7°C до 24,4°C. Абсолютно максимальная составляет 37 °C. Средняя месячная относительная влажность воздуха около 58%. Преимущественно северо- западное направление ветра [13].

Промежуток светового дня в Томской области равен в летнее время от 15 до 18 часов. Средняя температура в летние месяцы в дневное время равна 23–28 °C. Максимальные средние дневные температуры до 33,4 °C



Таблица 5 – Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность в г. Томск, МДж/м<sup>2</sup> (кВт×ч/м<sup>2</sup>)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Суммарная солнечная Радиация	0,75	1,55	3,52	4,61	5,57	6,16	6,12	4,69	3,10	1,47	0,80	0,50

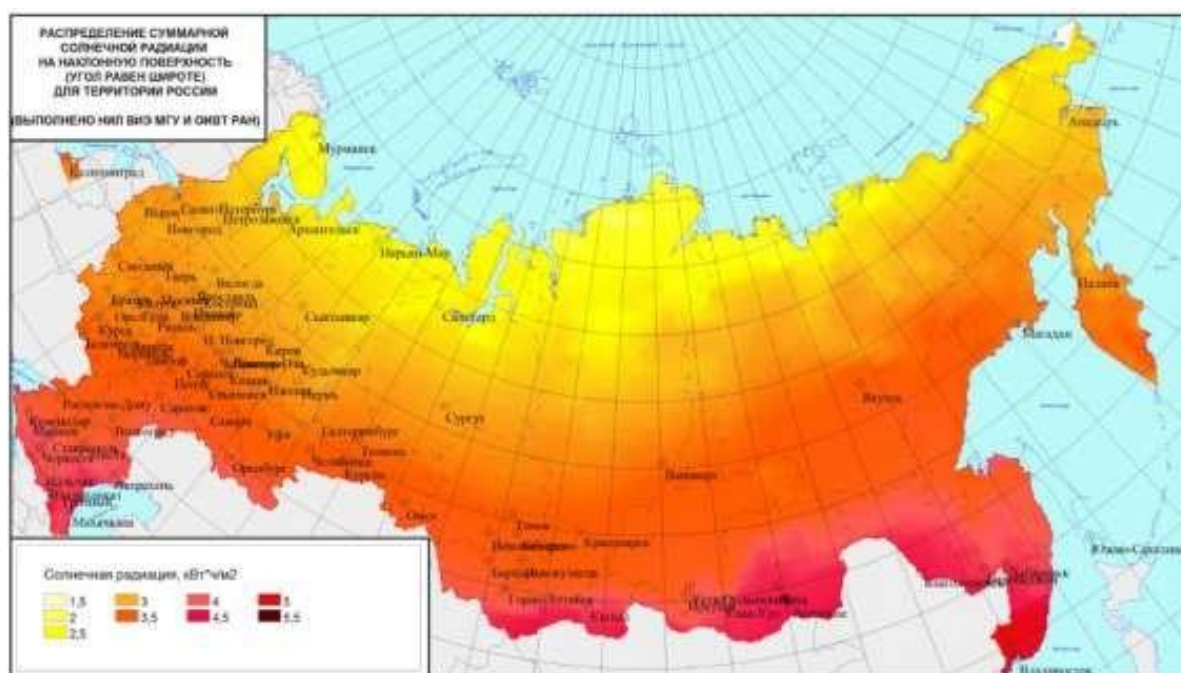


Рисунок 9– Распределение солнечной инсоляции по территории РФ

Благоприятные события для самовозгорания будут связаны с температурой окружающей среды, продолжительностью дня и с отсутствием факторов влияющих на величину солнечной инсоляции (облачность, количество осадков, наличие тени).

Таблица 6 – Наиболее благоприятные дни для возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах Томской области за 2017 год

Дата	Температура, °С	Влажность, %	Скорость ветра, м/с
15 июня	+22	55	1
16 июня	+23	55	2
27 июля	+24	67	2
4 августа	+24	72	1
5 августа	+25	76	1

Данные о климатических факторах взяты исходя из статистических наблюдении Томского гидрометцентра.

Для ландшафтов южной тайги Западной Сибири установлена определенная зависимость частоты возникновения крупных лесных пожаров от количества дней без дождя. Установлено, что весной критический период, когда могут возникать крупные пожары, составляет 20 дней без осадков. Летом крупные пожары наблюдаются практически повсеместно даже при 30-дневной засухе.

Погодные условия также определяют возможность возникновения лесных пожаров из-за грозовой активности. По некоторым данным, грозы приводят к пожарам, при которых 50% сопровождается небольшими осадками, менее 2 мм, а также есть сухие грозы, на которые приходится 20-30% пожаров. В лесных районах, где в основном сухо и случаются грозовые пожары. Одна из главных опасностей заключается в том, что из-за грозы в течение короткого времени на огромной территории происходит несколько десятков пожаров. Очаги грозовых пожаров сохраняются в течение очень долгого времени, и их можно найти в тот же день или на следующий, когда заканчивается гроза. В Томской области доля «грозовых» пожаров не превышает 40%, а климат соответствует умеренной грозовой активности.

Как правило, возникновение пожаров также зависит от степени экономического развития лесов на территории, плотности населения, количества населенных пунктов – сел, деревень, районных центров и городов. Большой процент сжигания лесов приходится на леса, которые расположены вблизи населенных пунктов и транспортных сетей (также речных соединений). Неосторожное обращение с огнем из-за неопытности, равнодушия, неуважения к законам и правилам являются причинами лесных пожаров, вызванных человеком. Костер - главная проблема лесных пожаров, потому что он

разжигается всеми, от детей до охотников. Если говорить о Томской области, то более 52% лесных пожаров были вызваны человеком.

Природный фактор - лесной пожар был в прошлом, будет в будущем, поскольку нет возможности выращивать леса, которые невосприимчивы к пожару. Теперь все зависит от человека и умения контролировать ситуации, ведущие к пожару на всей протяженности леса. [2].

Таблица 7 – Шкала классов пожарной опасности насаждений и лесных участков Томской области

<b>Класс опасности</b>	<b>Наиболее вероятные виды лесных пожаров</b>	<b>Характерный тип леса</b>
I	В течение всего пожароопасного сезона: низовые пожары, а на участках с наличием древостоя – верховые	1. Хвойные молодняки и культуры. 2. Сплошные вырубki: лишайниковые, вересковые, вейниковые и другие типы вырубok по суходолам (особенно захламленные). 3. Участки условно-сплошных выборочных рубок по суходолам. Отмирающие и сильно поврежденные древостои. 4. Сосняки: беломошниковый, вересковый, лишайниковый.
II	Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона, верховые – в периоды пожарных максимумов	Сосняки: брусничниковый, мшисто-брусничниковый.
III	Низовые и верховые возможны в периоды пожарных максимумов.	1. Сосняки: зеленомошниковый (мшистый), мшисто-ягодниковый, мшисто-черничниковый, черничниковый. 2. Кедровники: брусничниковый, зеленомошниковый (мшистый), мшисто-ягодниковый, черничниковый, долгомошниковый, травяноразнотравный, широколистный, папоротниковый. Ельники: зеленомошниковый (мшистый). 3. Пихтарники: зеленомошниковый, (мшистый) мшисто-ягодниковый, травянисто-ягодниковый.
IV	Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в травянистых типах леса и на таволговых вырубках в период осеннего и весеннего	1. Сосняки: долгомошниковый, сфагновый, багульниковый, мшисто-сфагновый, разнотравный, травяной, осоковый, папоротниковый. 2. Кедровники: травяно-болотный, осоковый, приручевый, сфагновый, багульниковый, мшисто-сфагновый, лог. 3. Ельники: черничниковый, разнотравный, травяной, мшисто-ягодниковый.

	пожарных максимумов, в остальных типах леса и на долгомошниковых вырубках в период пожарного максимума	4. Березняки: зеленомошниковый (мшисто-ягодниковый) разнотравный, травяной, травяноболотный, осоковый, осоково-травяной, багульниковый, брусничниковый, черничниковый, травяно-ягодниковый. 5. Пихтарники: разнотравный, папоротниковый, сфагновый, и др.
V	Возникновение пожаров возможно только при неблагоприятных условиях (длительная засуха)	1. Ельники: сфагновый, мшисто-сфагновый, приручевый, долгомошниковый кустарниковый, осоковый. 2. Березняки: сфагновый, долгомошниковый, кустарниковый, кустарниково-разнотравный, березняк низинный, кустарниково-разнотравный, вейниковый, березняк низинный, приручевый, кустарниковый 3. Осинники: осоковый, долгомошниковый, сфагновый. 4. Ивняки: травяно-болотный, разнотравно-пойменный, разнотравный, травяной, осоковый, мшистый. 5. Тополевики: пойменный, травяной. 6. Ветла: разнотравная, травяно-болотная 7. Болота: сфагновые, поросшие березой, труднопроходимые. 8. Луга: заливные. 9. Пашни: пески, воды и тд.

## 1.7 Формирование целей и задач экспериментальной части проекта

Проведенный литературный анализ показал, что проблема загорания лесных горючих материалов существует. Анализ показал необходимость определения недостающих параметров, позволяющих провести качественную оценку опасности и взаимодействия некоторых факторов, влияющих на чувствительность ЛГМ к их воздействию в штилевых условиях движения воздуха, при солнечной инсоляции и определить критические параметры времени индукции процесса зажигания.

Одной из основной задачи является определение тренда самовозгорания лесной подстилки в хвойном лесу на основании данных по зажиганию индивидуальных компонентов ЛГМ.

Проведенный анализ характера оценки риска показал, что ЛГМ представляет достаточно сложную для изучения систему, состоящую из одних и тех же компонентов, но с разным долевым содержанием. Данное состояние говорит о необходимости проведения большого количества экспериментов, эффективность которых будет достаточно низкой. Поэтому было решено проводить исследования по индивидуальным компонентам ЛГМ. Опираясь на компонентный состав, было определено, что в первую очередь необходимо изучать мхи, как основной компонент ЛГМ.

В результате проделанного анализа можно сформулировать задачи работы:

- Провести выбор методик и установок для определения недостающих параметров;
- Произвести серию опытов по определению температуры самовозгорания и уменьшению времени индукции за счет концентрации светового потока;
- Изучить термические эффекты, возникающие внутри образца ЛГМ при его нахождении в реакционной камере;
- Сделать выводы по проведенным экспериментам.

## **2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Описание установки и методики по определению времени индукции зажигания лесных горючих материалов**

В настоящее время проблемой пожарной безопасности в лесах становится то, что с точки зрения теплофизики, многие органические материалы, которые, например, являются компонентами лесной подстилки, при определенных условиях склонны к самовозгоранию.

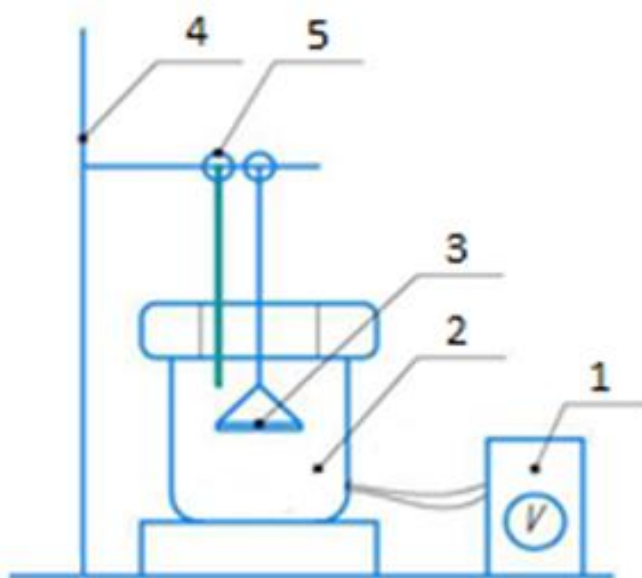
В основе экспериментального метода определения температуры самовозгорания образца выбранного природного ландшафта лежит ГОСТ 12.1.044-89. «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов». Эксперименты проводятся в диапазоне температур от 40°C до 400°C.

Представьте себе, что в лесной подстилке определенной толщины происходит процесс самонагрева и повышения температуры за счет экзотермической реакции с выделением тепла. Окисление и разложение органического вещества приводит к выделению энергии в результате экзотермической реакции (когда избыточная энергия выделяется в виде тепла при образовании новых связей), что вызывает повышение температуры на лесной почве - вплоть до самовоспламенения. Отсюда и возникает проблема научно-исследовательской работы – каким образом данное самовозгорание предотвратить и разработать соответствующие методы по устранению или его уменьшению. В том числе актуальной задачей становится уменьшение влияния антропогенного загрязнения в лесах и разработка планово-предупредительных мероприятий.

#### **Описание прибора**

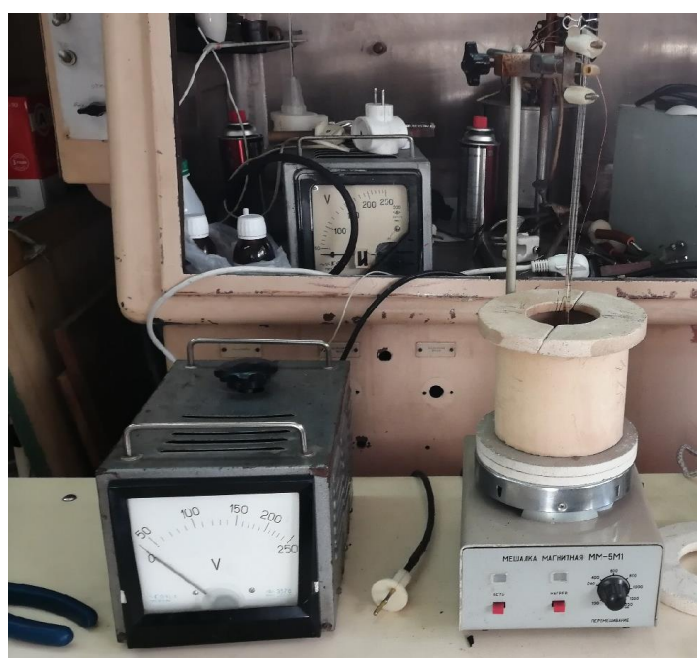
Установка проведения экспериментов в научно-исследовательской работе представляет собой тепловую камеру с нагревательным элементом (рисунок 6).

С помощью автотрансформатора задается напряжение на нагревательном элементе, тем самым до определенной температуры нагревается воздух внутри камеры. Образец исследуемого вещества размещается в металлической бьюксе в виде сетчатого конуса объемом 50 см<sup>3</sup>, и помещается в тепловую камеру. Температуру прогрева образцов определяют с помощью наблюдений термоэлектрического преобразователя (термопара).



**Рисунок 10 – Схема установки по определению температуры самовозгорания ЛГМ**

*Обозначения: 1 – автотрансформатор; 2 – тепловая камера; 3 – контейнер с образцом; 4 – штатив; 5 – термопара с прибором регистрации*



### **Рисунок 11 – Установка по определению температуры самовозгорания лесных горючих материалов**

Проведение эксперимента по методике определения температуры самовозгорания образца

Данная методика представляет собой ход последовательных действий в ходе эксперимента по определению температуры самовозгорания образцов ЛГМ.

1. Необходимо выбрать образец для определения температуры самовозгорания и определить его массу.
2. Определить условия окружающей среды, которые могут повлиять на ход эксперимента: метеоусловия, температура в помещении, давление и т.п.
3. Необходимо выбрать бьюксу из термостойкого материала (металл) для проведения экспериментов в термостатированном объеме для определения температуры самовозгорания образцов ЛГМ.
4. Определить объем выбранной бьюксы.
5. Определить плотность исследуемого образца.
6. Выставить необходимую температуру в печи и напряжение на латре, входящих в состав установки по определению температуры самовозгорания исследуемого образца ЛГМ.
7. Поместить бьюксу с образцом в термостатированный объем печи.
8. Производится фиксирование значений температуры с течением времени при помощи термпары.
9. Производится фиксирование времени самовозгорания при помощи секундомера.
10. Производится фиксирование результатов проведения экспериментов в соответствующем протоколе с использованием таблиц и графиков.



## Оценка результатов

Температурой самовозгорания исследуемого вещества будет являться минимальная температура, при которой наблюдается самовозгорание трех исследуемых образцов. Условия и результаты испытаний заносятся в таблицу проведения экспериментов.

## Требования безопасности

Прибор для определения температуры самовозгорания следует устанавливать в вытяжном шкафу из-за выделения дыма в ходе эксперимента. Рабочее место должно удовлетворять требованиям электробезопасности и санитарно-гигиеническим требованиям.

## **2.2 Описание лесного мха как компонента ЛГМ. Основные стадии горения ЛГМ**

Более половины территории Томской области является заболоченной. Нельзя не упомянуть, что сфагновые сообщества занимают в три раза больше площади, чем леса. Сфагнум – это род мхов, включающий в себя приблизительно 380 признанных видов, широко известных как «торфяной мох». Как живые, так и мертвые растения могут удерживать большое количество воды внутри своих клеток – в 16-26 раз больше, чем их сухой вес, в зависимости от вида. [3]. Сфагнум и образовавшийся из него торф не разлагаются быстро из-за фенольных соединений, встроенных в клеточные стенки мха. Кроме того, болота, как и все водно-болотные угодья, развивают анаэробные условия почвы, что приводит к более медленному анаэробному распаду, чем к аэробному микробному действию. Торфяной мох также может подкислять окружающую среду, поглощая катионы, такие как кальций и магний, и выделяя ионы водорода. При правильных условиях торф может накапливаться на глубине многих метров. Различные виды сфагнума имеют разные пределы толерантности к затоплению и pH, поэтому на любом одном торфянике может быть несколько разных видов сфагнума.



**Рисунок 12 – образец сфагнома, используемый для опытов**

Отдельные растения торфяного мха состоят из основного стебля с плотно расположенными пучками ветвей пучков, обычно состоящих из двух или трех растущих ветвей и двух-четырех свисающих ветвей. У вершины растения, или столицы, есть компактные группы молодых ветвей. Вдоль стебля разбросаны листья различной формы, называемые листьями стебля; форма варьируется в зависимости от вида. Листья состоят из двух видов клеток; маленькие, зеленые, живые клетки (клетки хлорофиллозы) и большие, прозрачные, структурные, мертвые клетки (гиалиновые клетки). Последние обладают большой влагоемкостью.

Следует сказать, что лесные горючие материалы являются неплавящимися твердыми веществами, для которых выделяют пять основных стадий горения:

1 – прогрев твердой фазы; толщина зоны зависит от температуры и теплопроводности вещества;

2 – пиролиз, или зона реакции в твердой фазе, в которой образуются летучие горючие вещества;

3 – предпламенная область в газовой фазе, в ней образуется смесь с окислителем;

4 – реакционная зоны, или пламя, в газовой фазе которой происходит превращение продуктов пиролиза в летучие продукты горения;

5 – образования продуктов горения.

### 2.3 Проведение опытов и результаты

Для проведения экспериментальной части были собраны образцы лесной подстилки, мха и древесины из различных лесов: хвойного, лиственного и смешанного.

Взвешивание образцов для всех опытов производилось на весах марки CAUW 220 заводского номера D303500113, дата последней аттестации 12.04.2018 г. Точность измерения –  $10^{-4}$ . Образцы помещаем в металлическую бюксу в виде сетчатого конуса с основанием в 5 см.

Объем, в который помещается образец в прогретой бюксе, термостатирован и представляет собой цилиндрическую форму. Температура в камере регистрируется ртутным термометром, температура внутри образца регистрируется термопарой. Внутренний диаметр объема составляет 100 мм ( $d=100$  мм), высота – 104 мм ( $h=104$  мм).

На начало проведения экспериментов влажность  $W$  составила 26 %, температура воздуха составила  $T_{\text{возд}} = 22^{\circ}\text{C}$ , давление воздуха  $P_{\text{возд}} = 768$  мм. рт. ст.

В ходе проведения экспериментов осуществлялось наблюдение за изменениями образца, его цветом, выделением газов и дыма, при этом фиксируется значение его температуры. Результаты экспериментов сведены в таблицы, представленные ниже. Время дано в секундах, температура – в  $^{\circ}\text{C}$ .

Эксперимент №1. Дата проведения 26.03.2019 г.

Эксперимент проведен с чистым мхом при начальном напряжении 90 В ( $U=90$  В).  $m = 1,846$  г до проведения опыта;  $m = 1,179$  г после проведения опыта.

Таблица 8 – Результаты эксперимента №1

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °С	Температура на термопаре, °С	Напряжение на латре, В	Примечание
5400	107	107	90	Внешний вид образец не поменял
240	150	150	200	Внешний вид образца изменился, цвет образца стал желтым при этом ощущается легкий дымок
1560	286	286	200	Образец постепенно обугливается, при этом появляется запах летучих соединений.
1860	296	296	200	Больше изменений не происходит – цвет образца коричневый

В ходе проведения эксперимента с образцом чистого мха при напряжении 90 В температура образца в течении 1, 5 часов повысилась до максимального значения в 110°С. Образец при этом свой внешний вид не поменял. Далее повышаем напряжение до 200 В. После повышения напряжения самовозгорание так же не произошло. По истечению времени по цвету образца можно сделать вывод, что мох разложился до углерода, самовозгорание невозможно.



Рисунок 13 – Мох сфагнум после эксперимента

Эксперимент №2. Дата проведения 26.03.2019 г.

Эксперимент проведен с чистым мхом при начальном напряжении 200 В. Масса:  $m = 1,683$  г до проведения опыта;  $m = 0,76$  после проведения опыта.

Таблица 9 – Результаты эксперимента №2

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
240	295	350	200	Появляется запах гари, цвет образца мха постепенно меняется
300	290	399	200	При данных значениях температур происходит возгонка и пиролиз. Легкие фракции улетучиваются. Происходит снижение активности дымообразования, все реакции на этом моменте прекращаются
587	310	310	200	Образец темнеет, то процесс горения имел место быть, ушла часть массы летучих горючих веществ

В результате эксперимента самовозгорание наступило. Объясняется это более высокой температурой в печи.

Определение температуры самовозгорания ЛГМ в виде мха с разной удельной плотностью.

Эксперимент №3.1 Дата проведения 2.04.19

Эксперимент проведен с чистым мхом при начальном напряжении 150 В ( $U=150$  В) и температуре  $140^{\circ}\text{C}$ . Бюксу наполнили сухим мхом, который неравномерно распределен, но не утрамбован,  $m = 0,891$  г. Плотность образца составляет  $0,0178$  г/см<sup>3</sup>.  $m = 0,787$  г – масса мха после проведения эксперимента

Таблица 10 – Результаты эксперимента №3.1

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
-----------------------------	------------------------	------------------------------	------------------------	------------

210	191	176	150	Присутствует запах дыма, образец начал желтеть.
610	195	204	150	Перепад температур на термометре, цвет образца – желтый.
1098	198	210	150	Цвет образца – желтый, происходит деструкция, самовозгорание не наблюдается. При подносе источника зажигания – вспыхивает быстро.

В течение 20 минут температура повысилась до значения в 198°C. Образец при этом поменял свой внешний вид на коричневый. Произошла деструкция, самовозгорание при этом не наблюдается. При приближении спички – источника зажигания образец хорошо воспламеняется.

### Эксперимент №3.2 Дата проведения 2.04.19

Эксперимент проведен с чистым мхом при начальном напряжении 150 В (U=150 В) и температуре 140°C. Бюксу наполнили сухим мхом, который неравномерно распределен, но не утрамбован, m = 1,481 г. Плотность образца составляет 0,0296 г/см<sup>3</sup>, m сухого остатка =1,294г

Таблица 11 – Результаты эксперимента №3.2

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
408	199	214	150	Появляется запах летучих соединений, цвет образца – желтый
840	200	222	150	Цвет образца – коричневый, преимущественно – наполовину. На данном этапе происходит выделение более тяжелых углеводородов.
1200	203	222	150	Цвет образца – коричневый, самовозгорания не наблюдается, происходит деструкция.

В ходе проведения эксперимента с образцом чистого мха при напряжении 150 В с использованием бюксы в виде сетчатого конуса с основанием в 5 см температура образца в течении 20 минут повысилась до значения в 203°C. Образец при этом свой внешний вид поменял на коричневый, произошла деструкция, самовозгорание при этом не наблюдается.

Эксперимент №3.3 Дата проведения 2.04.19

Эксперимент проведен с чистым мхом при начальном напряжении 150 В ( $U=150$  В) и температуре 140°C. Бюксу наполнили сухим мхом, который неравномерно распределен, но не утрамбован,  $m = 1,914$  г. Плотность образца составляет 0,0383 г/см<sup>3</sup>,  $m = 1,634$  г после эксперимента.

Таблица 12 – Результаты эксперимента №3.3

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
287	200	212	150	Цвет образца – зеленый, появляется запах летучих соединений.
900	208	230	150	Существенных изменений в ходе эксперимента не происходит.
1200	210	215	150	Цвет образца – коричневый, произошла деструкция, самовозгорание при этом не наблюдается

Температура образца в течении 20 минут повысилась до значения в 215°C. Образец при этом свой внешний вид поменял на коричневый, произошла деструкция, самовозгорание при этом не наблюдается.

Эксперимент №4 Дата проведения - 12.04.19

Образец – чистый мох, температура в печи 300°C.  $m = 1,553$  г до эксперимента. Масса сухого остатка составила 0,822 г.

Таблица 13 – Результаты эксперимента №4

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
90	264	274	200	Появление запаха дыма.
299	284	375	200	Появление запаха гари.
596	290	378	200	Появление запаха гари, на данном этапе – самовозгорание образца.

Температура образца в течении 596 секунд повысилась до максимального значения в 378°C. В ходе проведения эксперимента произошло самовозгорание образца.



**Рисунок 14 – Внешний вид образца после проведения эксперимента с температурой в печи 300°C**

Эксперимент №5 Дата проведения 12.04.19

Образец – чистый мох, температура в печи 350°C.  $m = 1,489$  г до эксперимента. Масса сухого остатка составила 0,285 г.

**Таблица 14 – Результаты эксперимента №5**

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
30	350	258	200	Появление активного выделяющегося дыма.
90	330	437	200	Выделение активного дыма, хруст; происходит процесс горения
255	342	506	200	Происходит самовозгорание образца, цвет – черно-коричневый

Температура образца в течение 255 секунд повысилась до максимального значения в 506°C. В ходе проведения эксперимента произошло самовозгорание образца. Масса сухого остатка составила 0,285г. При проведении эксперимента убыль массы была примерно в 5 раз.



Проведение экспериментов по определению температуры самовозгорания (тления) сосны как компонента ЛГМ

Эксперимент №6.1 Дата проведения 24.04.19

Эксперимент проведен с чистым мхом  $m = 1,961$  г. при начальном напряжении 250 В ( $U=250$  В).

Таблица 15 – Результаты эксперимента №6.1

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
62	350	230	250	Появление существенного выделения дыма
86	350	320	250	Происходит процессы горения
116	350	500	250	Выделение дыма прекратилось, фаза горения прервалась
145	350	650	250	Появление запаха летучих компонентов
195	350	720	250	Внутри печи четко просматриваются процессы горения

В течение 195 секунд температура повысилась до максимального значения в 720°C. В ходе проведения эксперимента произошло самовозгорание образца. Масса сухого остатка составила 0,269г. При проведении эксперимента произошла существенная убыль массы образца

Эксперимент №6.2 Дата проведения 24.04.19

Образец – сухие иглы сосны, вес которых составляет  $m = 5,206$ г. Плотность образца составила 0,104 г/см<sup>3</sup>. Бюкс помещен в объем, который был нагрет до температуры 370 °C ( $T = 370^{\circ}\text{C}$ ) при напряжении  $U=250$  В.

Таблица 16 – Результаты эксперимента №6.2

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
30	370	335	250	Появление дыма
54	370	335	250	Появление густого дыма

208	370	370	250	Образец тлеет
228	370	372	250	Уменьшение выделения дыма
248	370	379	250	Дым пропал, однако горение идет

Температура образца в течении 248 секунд повысилась до максимального значения в 379°C. В ходе проведения эксперимента произошло самовозгорание образца, дым при последней фазе – не выделяется. Масса сухого остатка составила 0,870 г. При проведении эксперимента убыль массы примерно в 5 раз.



**Рисунок 15 – Внешний вид образца после проведения эксперимента с образцами иголок сосны с температурой в печи 370°C**

Эксперимент №7 с целью повышения плотности объекта на единицу объема

Дата проведения – 28.03.2019

Образец – порезанный мох с размером частиц до 7-8 мм. Напряжение на латре – 200 В.

Первый экспериментальный блок.

- Вес стакана с подготовленным мхом – 7,778 г.
- Вес мха перед началом опыта – 2,678 г.
- Вес мха после зажигания – 1,976 г.

Таблица 17 – Результаты эксперимента №7.1

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
120	215	140	200	Появляется дым.
600	250	280	200	Появляется очаг тления
1200	270	310	200	Внутри камеры присутствовал поток воздуха снизу через щель в 3 мм.

Второй экспериментальный блок.

- Вес стакана с подготовленным мхом – 6,760 г.
- Вес мха перед началом опыта – 1,660 г. 0,332
- Вес мха после зажигания – 0,734 г. 0,1468

Таблица 18 – Результаты эксперимента №7.2

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
60	290	165	200	Появляется дым
120	290	265	200	Появляется очаг тления
300	310	450	200	

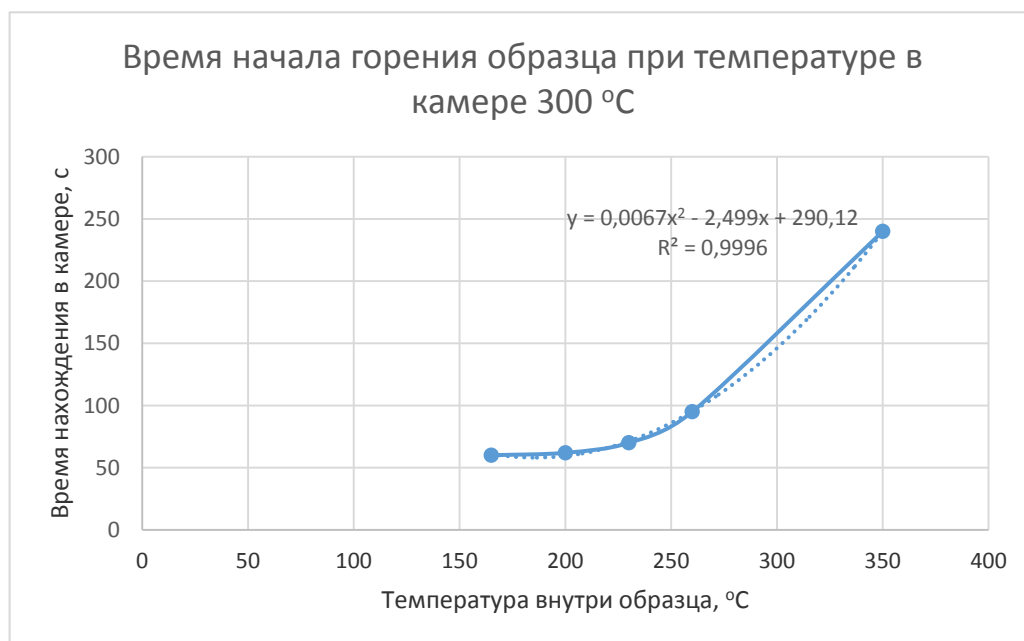
Третий экспериментальный блок.

- Вес стакана с подготовленным мхом – 6,797 г.
- Вес мха перед началом опыта – 1,697 г.
- Вес мха после зажигания – 0,740 г.

Таблица 19 – Результаты эксперимента №7.3

Время прогрева образца, сек	Температура в печи, °C	Температура на термопаре, °C	Напряжение на латре, В	Примечание
90	304	230	200	Появляется дым.
180	304	370	200	Появился очаг тления
300	304	540	200	При перемещении термопары внутри образца наблюдаются перепады температур вызванные перемещением ее из зоны горения.

При проведении экспериментов было замечено, что в некоторых случаях повышение температуры в образце ЛГМ превышает исходную ее величину. Также следует сказать, что продукты пиролиза, образующиеся при деструкции различных ЛГМ, будь то древесина или лесная подстилка, идентичны, различие лишь в концентрациях выделяющихся газов. Была поставлена задача: изучить термические эффекты, возникающие внутри образца ЛГМ при его нахождении в реакционной камере. Была проведена выборка из данных экспериментов – было взято время нахождения образца ЛГМ в камере и температура, при которой начинается дымообразование. Результаты этих исследований представлены на рисунке X1.



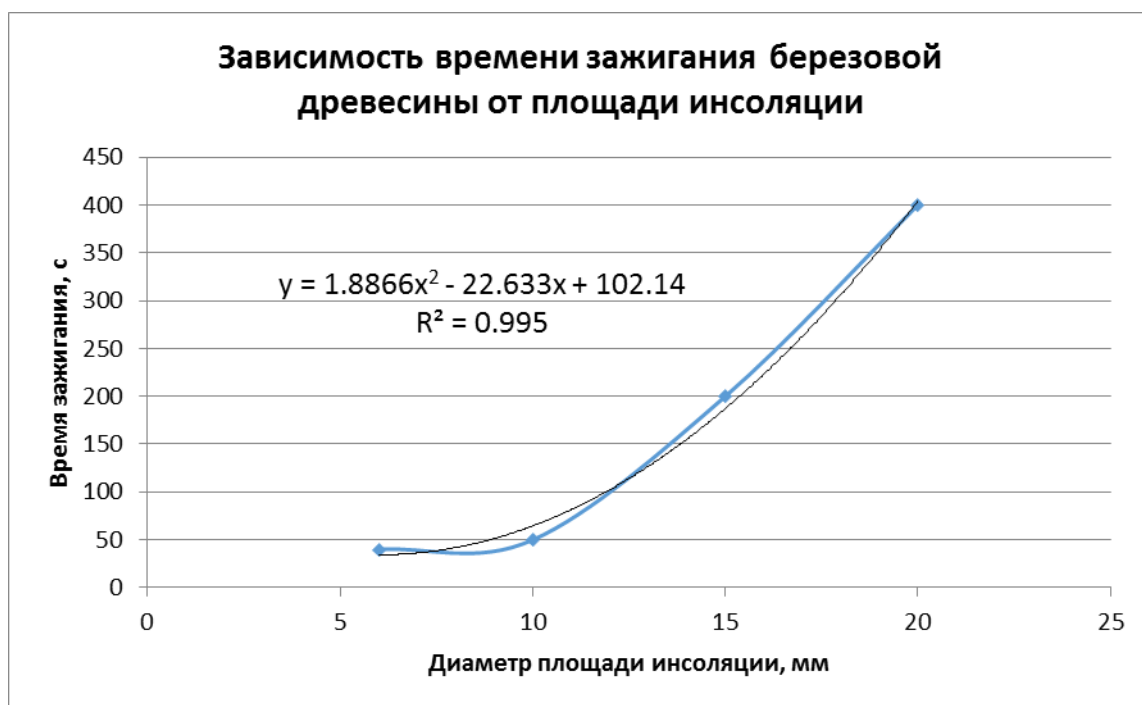
**Рисунок 16 – Зависимость времени горения образца ЛГМ при температуре в камере 300 °C.**

Проведя анализ полученных результатов, мы видим, что в камере при достижении образцом ЛГМ температуры 300 °С начинаются тепловые эффекты, температура которых, превышает температуру в камере, что говорит о начала горения образца. При наличии теплового эффекта горения не фиксируется ни тление, ни пламенное горение образца. Можно предположить, что в данный момент наблюдаются окислительные процессы в выделяющихся из образца ЛГМ продуктах деструкции, которое можно квалифицировать как беспламенное горение. При достижении внутри образца ЛГМ температуры достаточной для самовоспламенения выделяемых продуктов пиролиза мы можем зафиксировать переход в режим тления, с последующим переходом в пламенное горение.

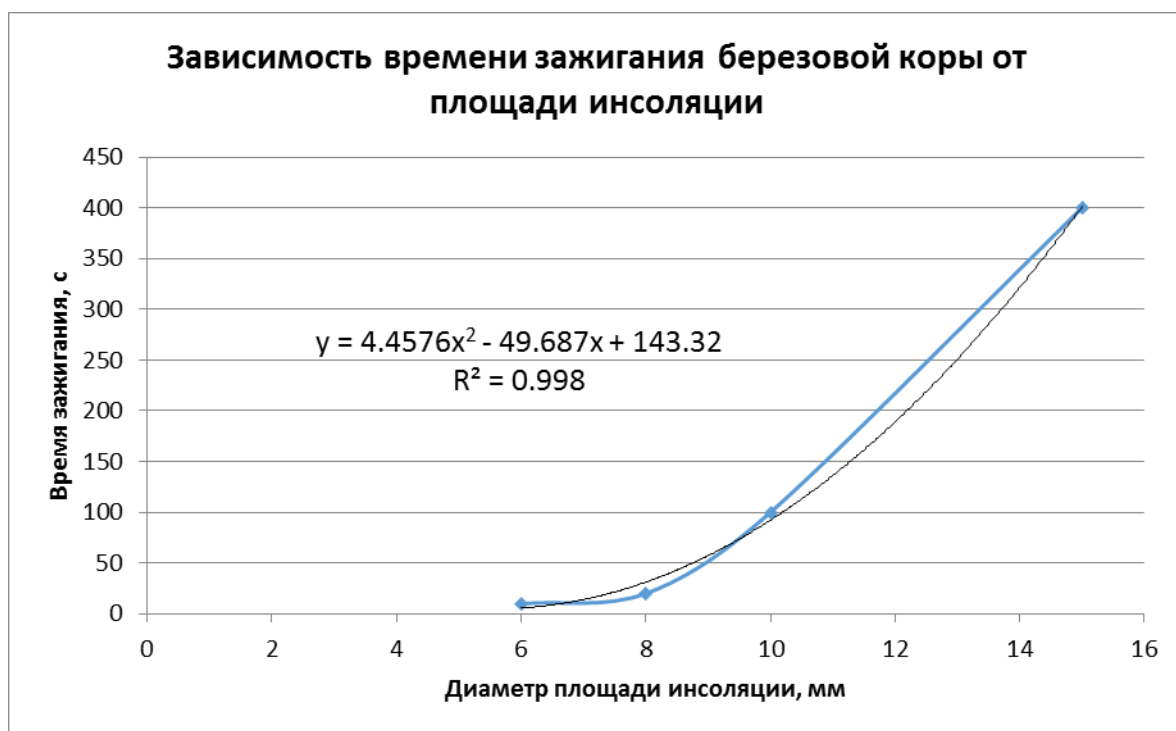
Искусственное повышение температуры ЛГМ (что, в свою очередь, ведет к уменьшению времени индукции) может происходить за счет антропогенного загрязнения. В качестве антропогенного загрязнителя в лесных ландшафтах могут выступать различные объекты: стеклянные бутылки, целлофановые пакеты, забытые очки и любой предмет, способный концентрировать световой поток.

На этом основывался эксперимент – в качестве концентратора светового потока была использована обычная лупа.

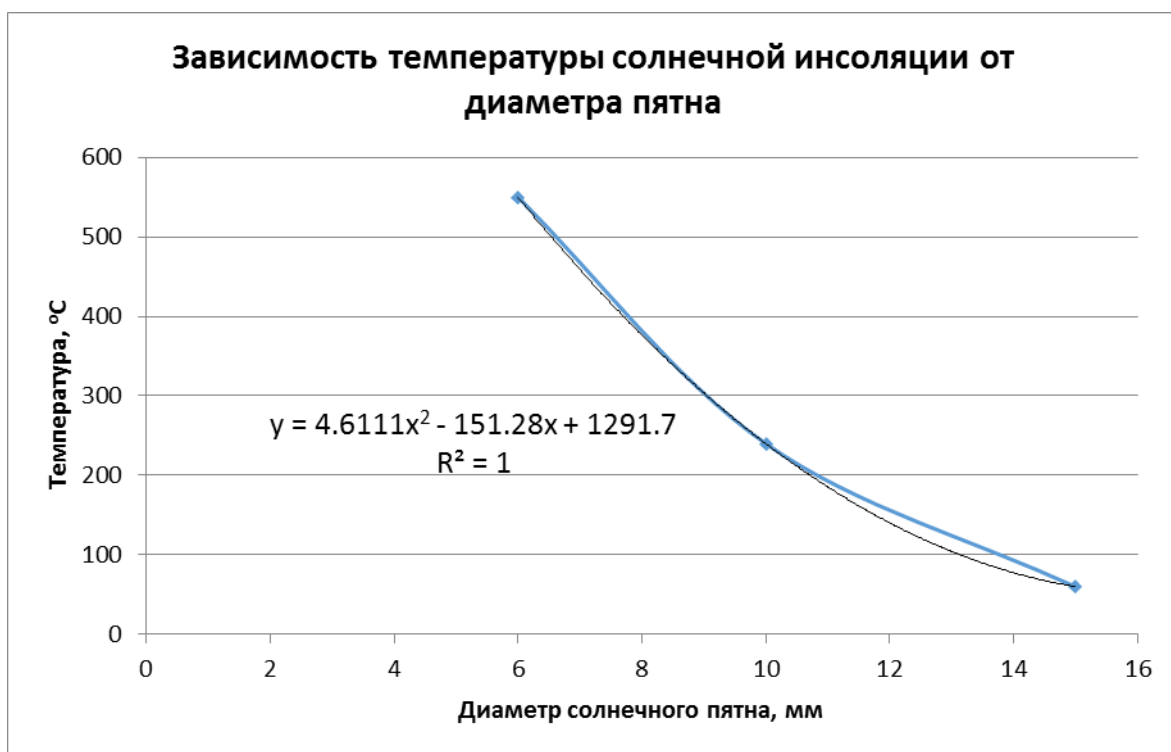
С помощью лупы диаметром 100 мм, в солнечную ветреную погоду (скорость ветра 10 км/ч) при температуре воздуха 15 °С, была исследована зависимость времени появления горения на деревянной поверхности от площади солнечного пятна. Изменяя расстояние от лупы до нагреваемой поверхности, задавали диаметр площади инсоляции солнечного потока. Результаты эксперимента представлены ниже.



**Рисунок 19 – Зависимость времени зажигания березовой древесины от площади инсоляции**



**Рисунок 20 – Зависимость времени зажигания березовой коры от площади инсоляции**



**Рисунок 21 – Зависимость температуры солнечной инсоляции от диаметра пятна**

Эксперимент подтвердил предположение, что антропогенное загрязнение может являться причиной самовозгорания в природных ландшафтах. Также по первым двум графикам видно (рисунки 19 и 20), что температура зажигания березовой коры ниже, чем древесины березы. Последний график описывает зависимость температуры солнечного пучка от его диаметра – чем меньше диаметр, тем выше температура в месте нагревания.

Анализируя полученные зависимости можно наблюдать, что изменение диаметра пятна сопровождается большими временами инсоляции. Временами большими чем 5 суток можно считать, как «Практически невероятные» с частотой возникновения зажигания в год  $<10^{-6}$ . Положив в основу формирования критериев оценки РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов», построим матрицу определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах (таблица 21).

Таблица 21 – Матрица определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах

<b>Критерий оценки</b>	<b>Частота возникновения загорания в год</b>	<b>Время индукции до появления горения, с</b>
Частый	$>1$	До 300 с
Вероятный	$1-10^{-2}$	До 1 суток
Возможный	$10^{-2}-10^{-4}$	От 1 до 4 суток
Редкий	$10^{-4}-10^{-6}$	4 –5 суток
Практически невозможный	$<10^{-6}$	Свыше 5 суток

В основу построения матрицы положены 4 фактора: температура воздуха, наличие осадков, скорость ветра и величина солнечной инсоляции.

Анализируя результаты экспериментов, можно сделать вывод, что при удачном сочетании факторов происходит сокращение времени индукции загорания.



### **3. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА В ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТАХ С ХВОЙНЫМ ЛЕСОМ**

Антропогенный фактор возникновения пожаров требует проработки мероприятий по снижению их количества и вероятности возникновения.

Первым мероприятием является профилактика среди населения в области пожарной опасности в лесах. Необходимо четко разъяснить правила поведения на природе, показать последствия безответственности.

В качестве законодательного способа предлагается ввести ужесточение административной ответственности за несоблюдение норм пожарной безопасности и возникновение пожара. Должны быть четко определены обязанности по тушению лесных пожаров, и необходимо заранее обеспечить координацию между различными органами. Для мониторинга лесных пожаров должно быть достаточно средств для выявления лесных пожаров на ранней стадии и борьбы с ними на ранней стадии. Должны быть разработаны сценарии лесных пожаров, а также программы обучения для соответствующей подготовки сил

Одним из проявлений антропогенного фактора загрязнения леса является попадание мусора с близлежащих свалок. Поэтому необходимо обеспечить должный уход за местами хранения, организовать переработку мусора.

В местах лесного летнего отдыха людей, можно проработать возможность контролируемого сжигания прошлогодней усохшей травы.

Вероятным периодом является апрель-май, при подходящих погодных условиях: температура воздуха 5-10 °С, неясная погода, отсутствие ветра. Для разработки эффективных и действенных стратегий, адаптированных к региональным условиям в отношении лесных пожаров, также необходима оценка затрат и косвенных затрат на лесные пожары.

## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1 Предпроектный анализ**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом» реализуется в рамках научно-исследовательской работы для Главного управления МЧС России по Томской области.

Исследования в данном вопросе, а также данные, полученные в результате работы и предложенная методика по решению проблемы возникновения очагов возгорания, интересны сотрудникам Главного управления МЧС России по Томской области.

Подобного рода работы по разработке методологии управления риском при возникновении очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом ранее не проводились. Решением данной проблемы ранее всерьез никто не занимался, поэтому данная выпускная квалификационная работа сможет помочь в предотвращении серьезных последствий при возникновении очагов возгорания в природных ландшафтах.

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

$K_1$  – традиционная методика расчета рисков вручную

$K_2$  – предложенная методология, описанная в диссертации

$K_3$  – традиционная методика расчета рисков с помощью MS Excel

Таблица 22 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	4	5	6	7	8	9
<i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i>							

1. Удобство в эксплуатации	0,07	2	4	3	0,14	0,28	0,21
2. Надежность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
3. Безопасность	0,11	5	5	4	0,55	0,55	0,44
4. Функционал	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
5. Наглядность	0,08	3	4	4	0,24	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	2	3	0,24	0,16	0,24
3. Цена	0,1	3	4	2	0,3	0,4	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
5. Финансирование научной разработки	0,1	2	4	3	0,2	0,4	0,3
Итого	1,00				3,08	3,86	3,27

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j \quad (6)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_j$  – балл  $i$ -го показателя.

Сумма критериев  $K_{K1}=3,08$ ,  $K_{K2}=3,86$ ,  $K_{K3}=3,27$ , что показывает, что предложенная методология, описанная в диссертации, более конкурентная. Конкурентное преимущество разработки, представленной в дипломной работе – это надежность, наглядность, а также низкая цена.

#### 4.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 2

Таблица 23 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>55</b>	<b>51</b>

$B_{\text{сум}} = \sum B_i$ , из полученных значений, приведенных в таблице, можно сделать вывод, что перспективность выше среднего.

#### **4.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для предложенной разработки были проанализированы методы коммерциализации и выбран такой метод как инжиниринг. Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

### **4.2. Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые взаимодействуют и влияют на общий результат научного проекта.

#### **4.2.1 Цели и результат проекта**

В таблице 2 представлены заинтересованные стороны проекта и ожидания заинтересованных сторон.

Таблица 24 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ГУ МЧС России по Томской области	Методика расчета рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах Снижение данных рисков

Информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей представлена в таблице 3.

Таблица 25 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта</b>	Создание методологии, по которой можно будет оценить риск возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах.
<b>Ожидаемые результаты проекта</b>	С помощью методики возможно предотвращение серьезных последствий при возникновении пожаров в природных ландшафтах.
<b>Критерии приемки результата проекта</b>	Удобство методики в эксплуатации, большой спрос на проект.
<b>Требования к результату проекта</b>	Выполнение проекта в срок
	Эффективность расчетов
	Удобство методики в эксплуатации
	Спрос на проект

#### 4.2.2. Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 4

Таблица 26 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Ли Людмила Николаевна	Исполнитель проекта	Работа над реализацией проекта	800
2	Сечин Александр Иванович	Руководитель проекта	Координация деятельности работы и оказание помощи в реализации проекта	100
Итого:				900

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта задействован руководитель магистерской диссертации.

### 4.2.3 Ограничения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта. Факторы, ограничения и допущения представлены в таблице 5.

Таблица 27 – Ограничение проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	Не нуждается в финансировании
Сроки проекта	С 1.02.19 – 1.06.19 г.
Дата утверждения плана управления Проектом	25.01.2019 г.
Дата завершения проекта	16.05.2019 г.
Прочие ограничения и допущения	Ограничения по времени работы участников проекта

## 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

1. определение структуры работ в рамках научного исследования;
2. определение участников каждой работы;
3. установление продолжительности работ;
4. построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 7.

Таблица 28 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка	1	Выбор темы, постановка цели и задач	Руководитель

технического задания	2	Составление предварительного плана	Руководитель
Теоретическая подготовка	3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме работы	Студент
	4	Изучение и выбор метода исследований	Студент
	5	Написание теоретической части	Студент
Проведение расчетов и их анализ	6	Проведение расчетно-экспериментальной части, опыт №1	Руководитель, студент
	7	Проведение расчетно-экспериментальной части, опыт №2	Руководитель, студент
	8	Оценка и анализ полученных результатов	Руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оформление итогового варианта диссертации	Студент
	10	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Руководитель, студент

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

#### 4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожи}$  используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

где  $t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;



$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### **4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования**

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта – горизонтального ленточного графика, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

















Согласно производственному и налоговому календарю на 2019 год, количество календарных 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных 118 дней, таким образом, подставив известные значения в формулу, получим:


$$k_{\text{кал}} = 1,48.$$

Таблица 29 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож\ i}$ , чел-дни					
	Рук- ль	Студент	Рук- ль	Студент	Рук-ль	Студент	Рук- ль	Студент	Рук-ль	Сту- дент
Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	3	-	5	-	4	-	4	-	6	-
Составление предварительного плана	4	4	6	6	5	5	3	3	4	4
Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме работы	12	12	20	20	16	16	8	8	11	11
Изучение и выбор метода исследований	2	2	4	4	3	3	1	1	2	2
Подбор литературы по тематике работы	-	3	-	6	4	4	-	4	-	6
Написание теоретической части работы	-	22	-	32	-	26	-	26	-	39
Проведение расчетно-экспериментальной части, опыт №1	10	10	16	16	13	13	7	7	5	11
Оценка и анализ полученных результатов	-	1	-	3	-	2	-	2	-	3
Оформление итогового варианта ВКР	-	12	-	21	-	16	-	16	-	23
Согласование и проверка работы с научным руководителем	2	2	4	4	3	3	3	2	3	3

Таблица 30 –Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Руководитель,	6													
2	Составление предварительного плана ВКР	Руководитель, студент	4		 											
3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Руководитель, студент	11		 											
4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Руководитель, студент	2			 										
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	6													
6	Написание теоретической части ВКР	Студент	39													
7	Расчет сил и средств по 1 и 2 варианту, с учетом использования смачивателя	Руководитель, студент	11									 				
8	Оценка и анализ полученных результатов	Студент	3										 			
9	Оформление итогового варианта ВКР	Студент	23													
10	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Руководитель, студент	3												 	

Студент - 

Руководитель – 

#### 4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### 4.3.5 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (6)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 31 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бумага	лист	200	150	100	3	3	3	600	450	300
Картридж	шт.	1	1	1	500	500	500	500	500	500

Дополнительная литература	шт.	1	2	1	400	350	330	400	700	350
Итого								1900	1300	1150

#### 4.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

При выполнении проекта по решению проблем локальных систем оповещения покупка специального оборудования не производилась.

#### *Основная заработная плата исполнителей темы*

Основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки:

$$C_{осн/зн} = \sum t_i \cdot C_{зн_i} \quad (13)$$

где  $t_i$  - затраты труда, необходимые для выполнения  $i$ -го вида работ, в рабочих днях,  $C_{зн_i}$  - среднедневная заработная плата работника, выполняющего  $i$ -ый вид работ, (руб./день).

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} \quad (14)$$

где  $D$  - месячный оклад работника (в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы),  $K$  - районный коэффициент (для Томска – 30%),  $F$  – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Для руководителя:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = \frac{16751,29 + 16751,29 \cdot 0,3}{22} = 989,84$$

Для студента:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} = \frac{6976,22 + 6976,22 \cdot 0,3}{22} = 412,2$$

Таблица 32 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	16751,29	989,8	13	8	8	12867,4	7918,4	7918,4
Студент	6976,22	412,2	40	45	46	16488	18549	18961,2
<b>ИТОГО</b>						<b>29355,4</b>	<b>26467,4</b>	<b>26879,6</b>

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:)

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (15)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

Таблица 33 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	12867,4	7918,4	7918,4	0,15	1930,11	1187,76	1187,76
Студент	16488	18549	18961,2		2473,2	2782,35	2844,18
Итого					4403,31	3970,11	4031,94

#### 4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (16)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%<sup>‡</sup>.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 34).

Таблица 34 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	12867,4	7918,4	7918,4	1930,11	1187,76	1187,76
Студент-дипломник	16488	18549	18961,2	2473,2	2782,35	2844,18
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	9148,61					
Исполнение 2	8248,56					
Исполнение 3	8377,02					

#### 4.3.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} \quad (17)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равен 0,5.



#### 4.3.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 35 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	1900	1300	1150
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	29355,4	26467,4	26879,6
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4403,31	3970,11	4031,94
4. Отчисления во внебюджетные фонды	9148,61	8248,56	8377,02
5. Накладные расходы	22403,66	19993,035	20219,28
6. Бюджет затрат НТИ	67210,98	59979,1	60657,84

Из данной таблицы видно, что минимальный бюджет НТИ представлен вторым исполнением и составляет 59979,1 рубль.

#### 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Определим эффективность для трех способов исполнения.

Исп. 1 – традиционная методика расчета рисков вручную;

Исп. 2 – предложенная методология, описанная в диссертации;

Исп. 3 – традиционная методика расчета рисков с помощью MS Excel.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (18)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп.1} = \frac{67210,98}{67210,98} = 1; I_{финр}^{исп.2} = \frac{59979,1}{67210,98} = 0,89; I_{финр}^{исп.3} = \frac{60657,84}{67210,98} = 0,9;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (19)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 36 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность	0,15	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4	3
3. Долговечность	0,25	5	5	4
4. Наглядность	0,20	3	5	5
5. Надежность	0,25	3	5	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 4*0,15 + 4*0,15 + 5*0,25 + 3*0,2 + 3*0,25 = 3,8;$$

$$I_{p-исп2} = 4*0,15 + 4*0,15 + 5*0,25 + 5*0,2 + 5*0,25 = 4,7;$$

$$I_{p-исп3} = 4*0,15 + 3*0,15 + 4*0,25 + 5*0,2 + 4*0,25 = 4,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = 3,8/1 = 3,8;$$

$$I_{исп.2} = 4,7/0,89 = 5,3;$$

$$I_{исп.3} = 4,05/0,9 = 4,5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (21)$$

Таблица 37 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,89	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	4,7	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	3,8	5,3	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,72	1	0,84

### Вывод

Вывод: в ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был произведен анализ конкурентных технических решений, в котором выявлено конкурентное преимущество разработки.

Был проведен расчет материальных затрат НТИ, основных и дополнительных заработных плат исполнителей работ, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Построен календарный план–

график проведения каждого из исполнителей проекта. Показатель ресурсоэффективности по пятибалльной шкале равен 4,7.

На основании полученных результатов данного раздела делаем вывод о том, что разработанная методология определения возникновения очагов возгорания в хвойном лесу экономически целесообразна и успешна.

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Целью магистерской диссертации является разработка методологии определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом.

Объектом исследования является лесная растительность (листва и кора хвойных деревьев, мох). Также в ходе работы использовалась установка для определения температуры тления и персональный компьютер для проведения расчетов. Сущность метода определения условий теплового самовозгорания заключается в термостатировании исследуемого вещества (материала) при заданной температуре в закрытом реакционном сосуде и установлении зависимости между температурой, при которой происходит тепловое самовозгорание образца, его размерами и временем до возникновения горения (тления). Данный метод, так же экспериментальная установка использовались согласно ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Согласно ТК РФ № 19–ФЗ работник аудитории 032, 8 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Кроме того, каждая лаборатория должна иметь журнал по технике безопасности и охране труда, в который заносятся все рекомендации проверяющих организаций и данные о проведении инструктажей с персоналом. К работе в лабораториях допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. Лица, допущенные к работе в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

В лаборатории должны быть разработаны конкретные меры по пожарной безопасности. Для выполнения повседневных работ, надзора за первичными средствами пожаротушения и организации тушения назначается ответственное лицо за пожарную безопасность в лаборатории.

В соответствии со ст. 91 гл. 15 раздела IV ТК РФ нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

#### **5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

В данном пункте приводятся эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса.

Согласно ГОСТ 12.4.113-82 ССБТ. Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности размещение оборудования в помещении учебной лаборатории должно обеспечивать удобство и безопасность выполнения всех видов рабочей деятельности при проведении лабораторных работ.

1. Планировка помещений учебной лаборатории должна обеспечивать освещение рабочих мест студентов естественным светом.
2. Размещение средств отображения информации должно обеспечивать свободное восприятие общей сигнальной информации в интерьере лаборатории.
3. Геометрические размеры зоны досягаемости моторного поля на рабочих местах в лаборатории определяются требованиями ГОСТ 12.2.032-78 (для положения сидя) и ГОСТ 12.2.033-78 (для положения стоя).
4. Геометрические размеры оптимальной зоны информационного поля для размещения общих средств отображения информации в лаборатории должны быть:
  - площадь зоны 4,5 м
  - высота верхней границы зоны от пола 2,5 м;
  - ширина зоны 3,0 м;
  - высота нижней границы зоны от пола 1,0 м.

Лаборатория 032 соответствует приведенным требованиям.

## **5.2. Профессиональная социальная ответственность.**

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

перечень вредных и опасных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 1. [28]

Таблица 38 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке методологии

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Проведение опытов в лабораторных условиях; 2) использование ЭВМ;	1. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов. 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Неудовлетворительный микроклимат; 5. Повышенный уровень напряженности электростатического поля. 6. Повышенный уровень электромагнитных полей 7. Загазованность	1. Электроопасность. 1. Пожаровзрывоопасность.	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.2.542-96 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.4.1191-03 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.548-96 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 ГОСТ 30494-2011

### 5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

При тлении растительности основным выделяющимся веществом является углекислый газ. Углекислый газ (Оксид углерода (IV)) – газ без запаха и цвета, тяжелее воздуха. Углекислый газ образуется при гниении и горении органических веществ.

Углекислый газ имеет ПДК 9 000 мг/м<sup>3</sup>, при вдыхании его повышенных концентраций в воздухе по воздействию на воздуходышащие живые организмы его относят к удушающим газам



Незначительные повышения концентрации, вплоть до 2–4 %, в помещениях приводят к развитию у людей сонливости и слабости. Опасными для здоровья концентрациями считаются концентрации около 7–10 %, при которых развиваются симптомы удушья, проявляющиеся в виде головной боли, головокружения, расстройстве слуха и в потере сознания, эти симптомы развиваются, в зависимости от концентрации, в течение времени от нескольких минут до одного часа.

От высоких концентраций, многократно превышающих ПДК, при вдыхании смерть наступает от удушья, вызванного гипоксией. [29]

#### **5.2.2. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов, при проведении исследований.**

Разработка методологии разделена на две части – экспериментальную и теоретическую. Экспериментальная часть производится в аудитории 032 8 учебного корпуса ТПУ. Данная лаборатория оборудована различным лабораторным оборудованием и установкой для определения температуры тления путем термостатирования исследуемого вещества при заданной температуре в закрытом реакционном сосуде согласно ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. В кабинете 2 оконных проёма. Имеется общеобменная и местная вытяжки.

Теоретическая часть выполнялась на ЭВМ, которая является основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов, не исключая возможность поражения электрическим током. Использование серверного оборудования может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы":

ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [32].

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ [32], создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений, представленных в таблице 39:

Таблица 39 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 5.2. соответствуют нормам.

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 при разработке методологии можно выделить следующие вредные и опасные факторы производственной среды. [1]

### ***1. Микроклимат***

Работа лаборанта относится к категории работ I<sub>a</sub> (интенсивность энергозатрат до 120 ккал/час (139 Вт), это работы сидя с незначительным физическим напряжением). Оптимальные и допустимые показатели микроклимата, соответствующие данной категории работ и указанные в СанПиН 2.2.4.548-96 [3], можно выделить в таблицы 1.2 и 1.3.

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений

температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Таблица 40 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	I <sub>a</sub> (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый		23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 41 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин	
Холодный	I <sub>a</sub> (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	18,0-25,0
Теплый		21-22,9	25,1-28,0	19,0-29,0
Период года	Категория тяжести работ, Вт	Скорость движения воздуха, м/с		Относительная влажность воздуха, %
		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более	
Холодный	I <sub>a</sub> (до 139)	0,1	0,2	15-75
Теплый		0,1	0,3	15-75

Согласно [41] микроклимат аудитории 032, 8 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

## 2. Освещение

В аудитории 032, 8 корпуса ТПУ имеется естественное и искусственное освещение. Искусственное освещение в лаборатории осуществляется системой общего равномерного освещения. В аудитории 032, 8 корпуса, во время проведения опыта следует применять системы комбинированного освещения.

Освещенность на поверхности стола должна быть 300 - 500 лк [34]. В качестве источников света применяются светодиодные светильники или металлогалогенные лампы (используются в качестве местного освещения) [34].

Таблица 42 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость плоскости нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дисконтности форт М, не более	Коэффициент пульсации $K_{пл}$ , %, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении			
Кабинеты	Г-0,0	3,0	1,0	1,8	0,6	300	-	$\leq 5\%$ (работа с ЭВМ) $\leq 20\%$ (при работе с документацией)

Согласно [41] освещение в аудитории 032 8 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

### 3. Шум

Согласно [34], шум – это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. Источниками шума на рассматриваемом рабочем месте являются: работающее оборудование (макет

устройства, проходящая рядом автомобильная дорога, идущие через перегородку аудиторные занятия, шум от ЭВМ.). В соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 [34] для учреждений, в которых занимаются научной деятельностью, допустимый уровень звукового давления составляет 50 дБА.

При работе с ЭВМ в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

Таблица 43 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест [36]

№ пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Согласно [41] уровень шума в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

#### **4. Электроопасность**

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [38]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- 2) проведение инструктажей и допуск к работе;
- 3) надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В, для серверного оборудования 380 В. По опасности поражения электрическим током помещение 032, 8 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [44].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- 4) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства

защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ.

Рассчитано защитное заземление для шкафов релейной защиты и серверного оборудования, которое находится в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ [45]:

1. В качестве заземляющего устройства (вертикальные электроды) используем стальные трубы диаметром  $d = 55$  мм, в качестве соединяющего элемента – стальная полоса шириной  $b = 50$  мм.

2. Сопротивлению грунта в районе размещения установки или устройства.

Таблица 44 – Исходные данные для расчета

Вид заземления	контурное
Длина заземлителя $l$ , м	2,7
Глубина заземлителя в грунте $h$ , м	0,65
Сезонный коэффициент $K_c$	2,0
Удельное сопротивление земли $\rho$ , Ом·м	70
Диаметр $d$ , мм	55
Ширина соединительной полоски $b$ , мм	50
Допустимое сопротивление системы заземления по ПУЭ $R_{з.у.}$ , Ом	4
Уровень напряжения, В	220-380

3. Величина электрического сопротивления растекания тока в грунт с одиночного заземлителя:

$$R_3 = 0,366 \frac{\rho \cdot K_c}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) =$$

$$= 0,366 \frac{70 \cdot 2}{2,7} \left( \lg \frac{2 \cdot 2,7}{0,055} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2 + 2,7}{4 \cdot 2 - 2,7} \right) = 40,62 \text{ Ом},$$

где  $\rho = 70 \text{ Ом}$  – удельное сопротивление грунта,

$K_c = 2$  – коэффициент сезонности,

$l = 2,7 \text{ м}$  – длина заземлителя,

$d = 0,055 \text{ м}$  – диаметр заземлителя,

$t = h + 0,5l = 0,65 + 0,5 \cdot 2,7 = 2 \text{ м}$  – длина от поверхности земли до середины заземлителя.

4. Число заземлителей без взаимных помех, получаемых друг от друга, без так называемого явления «экранирования»:

$$n = \frac{R_z}{R_{з.у.}} = \frac{40,62}{4} = 10,15 \approx 10$$

5. Число заземлителей с коэффициентом экранирования:

$$n = \frac{n'}{\eta_z} = \frac{10}{0,58} = 17,24 \approx 18$$

где  $\eta_z = 0,58$  – коэффициент экранирования [56].

Принимаем расстояние между заземлителями  $a = l = 2,7 \text{ м}$ .

6. Длина соединительной полосы:

$$l_n = 1,05 \cdot n \cdot a = 1,05 \cdot 18 \cdot 2,7 = 51,03 \text{ м}$$

7. Значение сопротивления растекания тока с соединительной полосы:

$$R_{II} = 0,366 \frac{\rho K_c}{l_n} \lg \frac{2l_n^2}{b \cdot h} = 0,366 \frac{70 \cdot 2}{51,03} \lg \frac{2 \cdot 51,03^2}{0,05 \cdot 0,65} = 5,2 \text{ Ом}$$

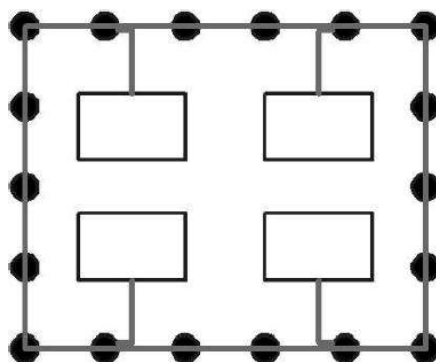
8. Полное сопротивление системы заземления:

$$R_{з.у.} = \frac{R_z \cdot R_{II}}{R_z \cdot \eta_n + R_{II} \cdot \eta_z \cdot n} = \frac{40,62 \cdot 5,2}{40,62 \cdot 0,51 + 5,2 \cdot 0,58 \cdot 18} = 2,82 \text{ Ом},$$

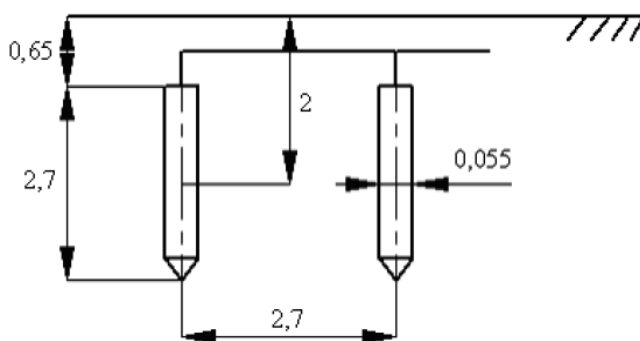
где  $\eta_n = 0,51$  – коэффициент экранирования полосы.

Таким образом, сопротивление  $R_{з.у.} = 2,82 \text{ Ом}$  не превышает  $4 \text{ Ом}$ . Следовательно, диаметр заземлителя  $d = 55 \text{ мм}$  при числе заземлителей  $n = 18$  является достаточным для обеспечения защиты при контурной схеме расположения заземлителей.





**Рисунок 22 – Схема полученного контурного заземления**



**Рисунок 23 – Схема расположения заземлителей**

Разработанные мероприятия и расчеты обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в аудитории 032, 8 корпуса ТПУ.

## **5. Пожаровзрывоопасность**

При нарушении норм и правил пожарной безопасности в лаборатории, неисправности электрооборудования, электропроводки может возникнуть пожар.

Согласно № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [11] рабочее место относится по функциональной пожарной опасности к классу Ф4.2 (здания образовательных учреждений высшего профессионального образования и дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов).

### **5.3 Экологическая безопасность.**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые

источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

#### **5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.**

Методология определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах с хвойным лесом является совокупностью приемов исследования, применяемые в определенной сфере/организации, в нашем случае она применима ГУ МЧС России по Томской области. Сама по себе методология не может каким-либо образом нанести вред окружающей среде.

#### **5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.**

При выполнении проектных работ или эксплуатации оборудования действующим природоохранным законодательством предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды. При этом анализируются возможные источники вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на различные природные среды окружающей среды.

*Защита атмосферы.* В процессе выполнения ВКР на рабочем месте в воздушную среду поступал углекислый газ. В качестве природоохранных мероприятий во избежание попадания вредных и токсичных паров в воздух рабочей зоны установлена вытяжка с системой очистки и оборудована систему вентиляции.

*Защита гидросферы.* Негативного воздействия на гидросферу в ходе выполнения экспериментов не выявлено.

*Защита литосферы.* Во время работы образуются следующие виды твердых отходов, оказывающие неблагоприятное воздействие на литосферу: офисная бумага, различные канцелярские принадлежности, перчатки, разбитая стеклянная лабораторная посуда.

### **5.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.**

В данной работе вред экологии может нанести неправильная утилизация люминесцентных ламп, стекла, бумаги. Разумным подходом к утилизации твердых бытовых отходов является организации вторичной переработки вместо вывоза аппаратуры на свалки. Для уменьшения нагрузки на полигоны целесообразно ввести отдельный сбор мусора. Бумагу и разбитую стеклянную посуду можно использовать вторично. Таким образом, удастся получить некоторое количество ценных материалов, пригодных для повторного использования в качестве сырья, исключая стадию их добычи или изготовления. Данный способ позволит сократить расходы производства и снизить нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения технологического цикла.

Люминесцентные лампы содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов. Полигоны создают в соответствии с требованиями [43]. Полигоны должны находиться вдали от водоохраных зон и обладать санитарно-защитными зонами. В местах складирования производится гидролизация для предотвращения загрязнения грунтовых вод. Перед захоронением на полигонах отходы с высокой степенью влажности подвергаются обезвоживанию. Прессуемые отходы желательно спрессовать.

### **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – происшествие техногенного, экологического происхождения, заключающееся в резком отклонении от нормы протекающих процессов или явлений и оказывающих значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность человека, функционирование экономики, социальную среду и природную среду.

#### **5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.**

К ЧС природного характера в климатической зоне г. Томска можно отнести ураганы, сильные грозы, паводки и ливни. Так как разработка методологии происходит в отдаленной зоне от разлива реки, то паводковые явления не наблюдаются.

В результате штормовых порывов ветра могут быть обрывы линий электропередач, из-за чего возможны перебои в электроснабжении, перегрузки, которые могут стать причиной пожара.

К возможным техногенным ЧС в лаборатории можно отнести пожары. Своевременное и грамотное использование средств защиты является эффективной защитой человека в ЧС.

#### **5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.**

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 032, 8 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

*Электрические приборы с дефектами.* Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 243, 8 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 45 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

В корпусе 8 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.



Рисунок 24 - План эвакуации людей на случай пожара

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были проанализированы риски возникновения очагов возгорания, дана классификация видов пожаров и их причины. Описана роль ЛГМ в пожарах, приведена классификация. Так же приведены данные об ущербе, наносимом лесными пожарами лесу, влияние климатических факторов на пожары. Описаны пять основных стадий горения ЛГМ.

Были проведены эксперименты по определению температур самовозгорания различной лесной подстилки и уменьшению времени индукции за счет концентрации светового потока;

Изучены термические эффекты, возникающие внутри образца ЛГМ при его нахождении в реакционной камере.

При обработке результатов получены:

- Зависимость времени горения образца ЛГМ при температуре в камере 300 °С.
- Зависимость времени зажигания березовой древесины/коры от площади инсоляции.
- Зависимость температуры солнечной инсоляции от диаметра пятна.

Опыты доказывают, что процесс окисления в ЛГМ идет. Но при наличии повышенных температур они усиливаются, значит, возгорание, в зависимости от совокупных условий, возможно.

В результате проведенных исследований было установлено, что образец ЛГМ находясь в условиях нагрева выделяет в окружающую среду ряд продуктов термической деструкции.

Продукты деструкции ЛГМ постоянно участвуют в окислительных реакциях, скорость которых увеличивается по мере роста температуры окружающей среды.

Как только фиксируется прирост температуры в рассматриваемом объеме, можно утверждать о начале фазы беспламенного горения.

Беспламенное горение ЛГМ осуществляется посредством одновременного сочетания следующих факторов: объемом рассматриваемого объекта; удельной плотностью; характером составляющих ЛГМ и их объемным соотношением и др.

Также была проведена серия опытов, исходящей из гипотезы о том, что искусственное уменьшение времени индукции происходит за счет антропогенного загрязнения, был сделан вывод, что загорание в лесу из-за предметов антропогенного характера при удачном стечении обстоятельств возможно.

Предложены мероприятия по снижению пожарного риска в природных ландшафтах с хвойным лесом.

Также был произведен анализ конкурентных технических решений, в котором выявлено конкурентное преимущество разработанной методологии. Был выбран вариант исполнения работы, который наиболее бюджетный и эффективный в решении поставленной в работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Предложена матрица определения величин рисков возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах.

Рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, параметры микроклимата, шума, освещения в аудитории при выполнении научной работы.



## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Ли Л.Н. Зависимость времени зажигания древесины березы от площади инсоляции // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее. сборник научных трудов VII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 181.
2. Чалдаева Е.И., Бабич Л.Н. Разработка критериев оценки пожарного риска возникновения очагов возгорания в природных ландшафтах Томской области // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее. сборник научных трудов VII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 156.
3. Babich L. N. Decrease in emissions of greenhouse gases through production waste management [Electronic resorces] // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 26-29 Апреля 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 2 Химия - С. 47-49. - Mode of access: [http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings\\_2016\\_vol\\_2.pdf](http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings_2016_vol_2.pdf)
4. Бабич Л. Н. Компактные люминисцентные лампы как средство энергосбережения // Иностранный язык в контексте проблем профессиональной коммуникации: материалы II Международной научной конференции, Томск, 27-29 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 11-12
5. Бабич Л. Н. , Бородин Ю. В. Перспективные полимерные материалы, используемые для радиационной защиты // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность : материалы трудов XXI Всероссийской научно-технической конференции: в 2 т., Томск, 2-4 Декабря 2015. - Томск: Скан, 2015 - Т. 2 - С. 260-262

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. А. Барталев, Ф. В. Стыценко, С. А. Хвостиков Методология мониторинга и прогнозирования пирогенной гибели лесов на основе данных спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2017. - №6.
2. Ю.А. Михалев Пирологическая классификация лесов Сибири // Вестник КрасГАУ. - 2014. - №9.
3. Пирогенные особенности лесной растительности севера Ростовской области М.И. Мартынова, М.И. Хромов // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. - 2005. - №6.
4. Под редакцией И.Ф. Киржакова Атлас рисков природного, техногенного, биолого-социального характера на территории Томской области. - Томск: Томскгеомониторинг, 2008.
5. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
6. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пожнаука, 2004
7. В.Г. Гусев, Е.Л. Лопухова, В.К. Дубовый Классификация и общие свойства лесных горючих материалов // Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства – 2012
8. Последствия лесных пожаров // Узнай о последствиях URL: <http://posledstviya.ru/posledstviya-lesnyx-pozharov/> (дата обращения: 20.13.2019).
9. Виды природных пожаров // Прозрачный мир URL: <http://www.transparentworld.ru/ru/environment/monitoring/fires/method/fire-type/> (дата обращения: 10.04.2019).
10. К.В. Мячина Анализ пожарных рисков в Оренбургской области // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. - 2012. - №4.

11. Убытки от пожаров превысили 6,5 миллиарда рублей // lenta.ru URL: <https://lenta.ru/news/2010/08/02/loss/> (дата обращения: 01.04.2019).
12. Оценка ущерба от лесных пожаров // scicenter.online URL: <http://scicenter.online/ekonomika-otrasli-scicenter/otsenka-uscherba-lesnyih-46091.html> (дата обращения: 27.03.2019).
13. Гидрометцентр России. Архив фактической погоды Томска. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meteoinfo.ru/archive-pogoda/russia/tomsk/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 15.04.2019)
14. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука. Сиб. отдтктыбтние, 1977. 239 с.
15. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
16. Pavel Ya. Groismana, Boris G. Sherstyukov Potential forest fire danger over Northern Eurasia: Changes during the 20th century// Global and Planetary Change 56 (2007) 371–386
17. Maria de Belém Costa Freitas, António Xavier, and Rui Fragozo Integration of Fire Risk in a Sustainable Forest Management Model // Forests. 2017. №8.
18. Perminov, V; Goudov, Mathematical modeling of forest fires initiation, spread and impact on environment // International Journal of Geomate. 2017. №35.
19. Marty Ahrens, Prof. Dr. Sergei Sokolov World fire statistics // International Association of Fire and Rescue Services. 2015. №21.
20. P. Grimwood K. Desmet Tactical firefighting. 1.1 pbl. London: CEMAC, 2003.
21. Andy Rowell and Dr. Peter F. Moore Global Review of Forest Fires. Switzerland: WWF International, 2000.
22. Bill J. Jones Burning Forest Residues // Forestry Commission. 2002. №9.
23. Pierre Y. Bernier, Sylvie Gauthier, Pierre-Olivier Jean Mapping Local Effects of Forest Properties on Fire Risk across Canada // Forest. 2016. №7.

- 24.J.P.A. Shatford, D.E. Hibbs, and K.J. Puettmann Conifer Regeneration after Forest Fire in the Klamath-Siskiyou: How Much, How Soon? // Journal of Forestry. 2007. №4.
- 25.Oregon State University Extension Service Reducing Fire Risk on Your Forest Property. Oregon: A Pacific Northwest Extension Publication, 2010.
- 26.Stanimir Živanović Forest fires are a risk factor for plant species // Acta Agriculturae Serbica. 2014. №37.
- 27.A. Smirnov, A. Majlingova Early Fire Detection and Forest Fires Operational Fighting - Important Factors in Reducing Forest Fires in Russia and Slovakia // FIRE PROTECTION & SAFETY Scientific Journal. - 2018. - №48
- 28.ГОСТ 12.0.003-2015. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- 29.Диоксид углерода [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 10.04.2019).
- 30.СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
- 31.СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 (утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 N783).
- 32.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
- 33.ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 34.Правила устройства электроустановок: утв. приказом Минэнерго РФ от 08.07.2002 г. № 204. – М., 543 с.
- 35.Статическое электричество и здоровье [Электронный ресурс]: портал Компьютер и здоровье. – М., 2003-2015. Режим доступа: <http://comp-doctor.ru/sovet/staticheskoe-elektrichestvo.php>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 01.04.2019).

36. Воздействие электромагнитного поля на персонал [Электронный ресурс]: портал Электроэнергетика. – Режим доступа: <http://forca.ru/knigi/arhivy/remont-vl-pod-napryazheniem-8.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 15.03.2019).
- 37.16. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002
38. ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
39. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М., 2002.
40. Специальная оценка условий труда в ТПУ. – 2018.
41. Об утверждении типовых отраслевых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам: постановление Минтруда РФ от 22.07.1999 г. №26 // Бюллетене Министерства труда и социального развития РФ. – 1999 г., №9.
42. ГОСТ Р 56598-2015 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Общие требования к полигонам для захоронения отходов
43. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
44. Дашковский А.Г. Расчет устройства защитного заземления. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Электробезопасность» для студентов всех специальностей ЭЛТИ. Томск, изд. ТПУ, 2010. – 8 с.
45. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003
46. Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова – М.: Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Authentic literature review on the research topic

Раздел магистерской диссертации,  
выполненный на иностранном языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ71	Ли Людмила Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н		

Консультант – лингвист отделения ОИЯ ШБИП

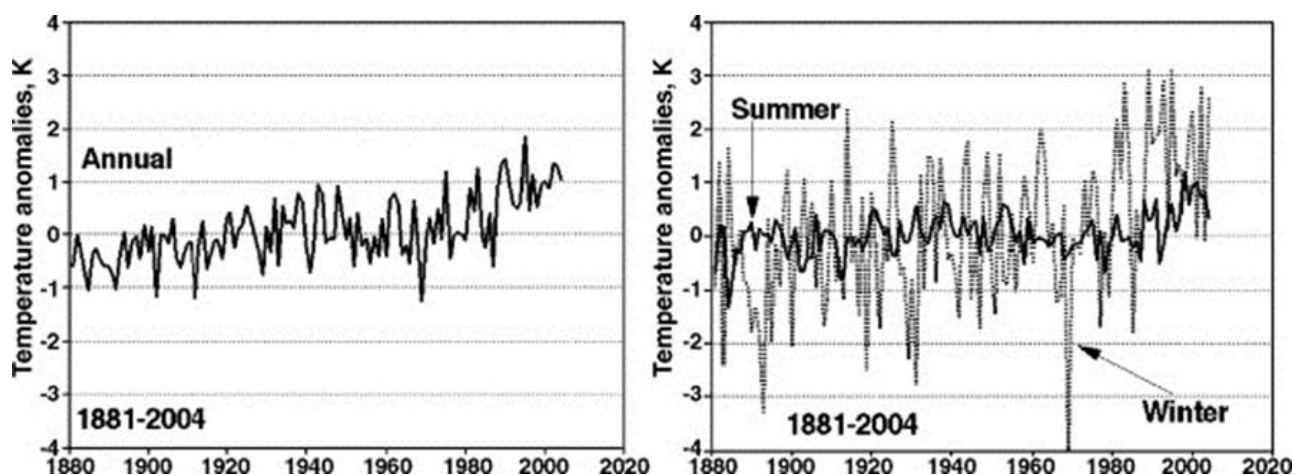
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Юлия Петровна			

## Authentic literature review on the research topic

Books, scientific and educational and methodical literature, articles in the periodicals by various English-speaking authors have been used in the study. In these articles the authors deal with the problems of forest fires. Climate change also plays an important role in the development of fire.

Fire is one of the nature's primary carbon-cycling mechanisms, but human activity interferes with the natural component of this mechanism causing, according to some estimates, more than half of the boreal forest fires occurrences. When the weather conditions are conducive to spreading forest fires, this anthropogenic effect becomes especially pronounced. The objective of the paper is to spotlight only the issue of the meteorological component of the changes in the potential forest fire danger.

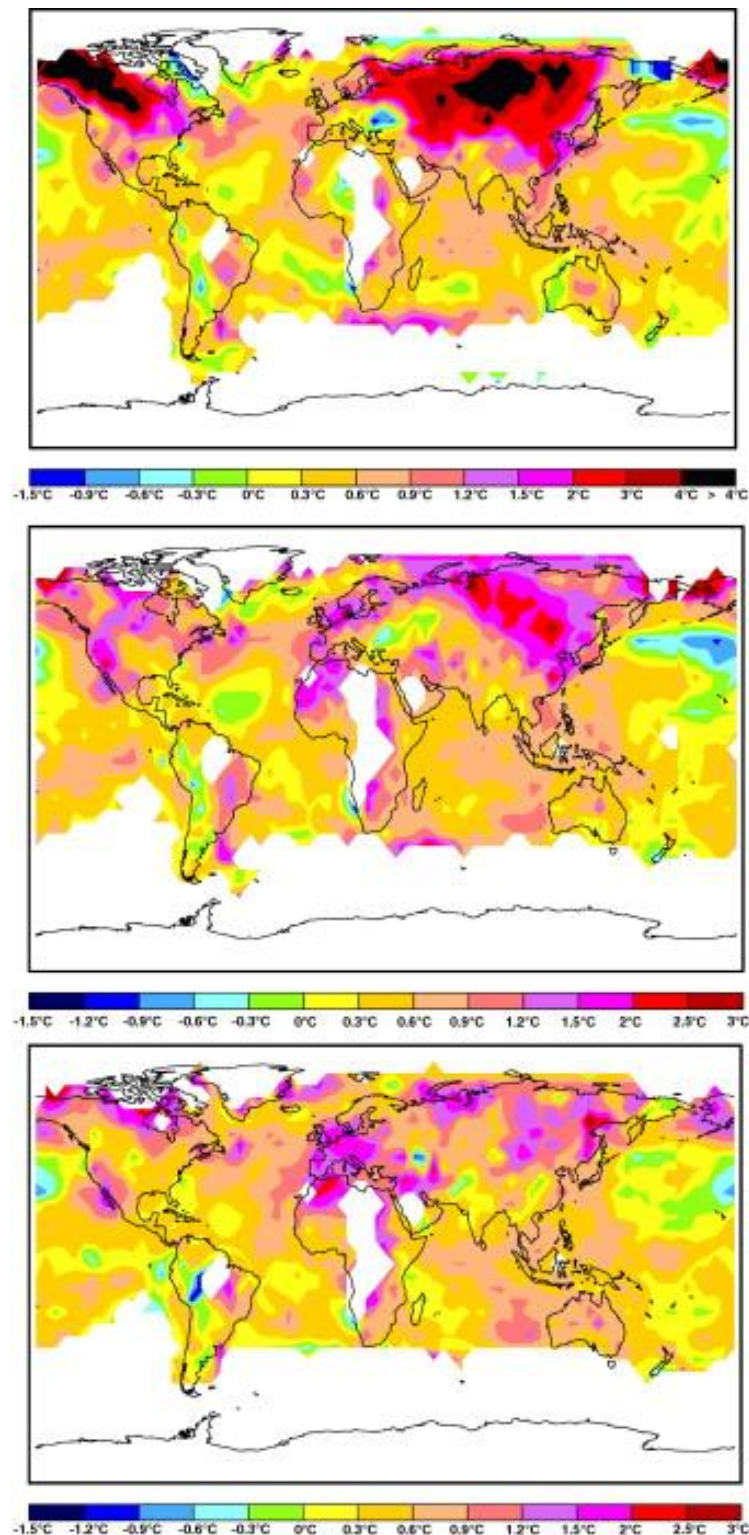
In the 20th century, Northern Eurasia was the region with the largest and steadiest increase of the surface air temperature, which became more obvious during the second half of the 20th century (Fig. 1).



**Fig. 25.** Changes of the surface air temperature during the period of instrumental observations over Northern Eurasia (continent north of 40° N and east of 15° E). annual (left) and seasonal (right) temperature variations are presented in anomalies from the mean values for the 1951–1975 reference period.

There has been one more peculiarity in the changes over the past 40 year that deserves to be noted. While in previous decades (at least during the period of

instrumental observations), we mostly observed the changes in the cold season, the recent warming became prominent in the warm season as well (Figs. 25 and 26).



**Fig. 26.** Mean seasonal temperature changes from 1965 to 2004 over the globe. From the top to the bottom: winter, spring, and summer. The change estimates were made by fitting linear trend lines

This warming should be manifested in the changes of the environmental characteristics affecting both terrestrial ecosystems dynamics and human activity.



Groisman has assessed the changes over northern extra-tropics in such characteristics as the frequency of extreme temperature and precipitation, thaw frequency; heating degree days, growing season duration, sum of temperatures above/below a given threshold; days without frost, and day-to-day temperature variability in the past 50 year. Each of these characteristics has substantially changed over Northern Eurasia. [16].

It should be noted that there is a methodological approach to the solution of the problems related to the integration of fire risk in complex models of forest management in the Mediterranean. In the Mediterranean areas, forest fires represent a significant risk from year to year. Seasonal climate fluctuations with dry summers, high temperatures and low precipitation, which implies increased flammability of materials, are one of the main factors contributing to fire risk and the fire course. This factor associated with a more favourable biophysical environment (e.g. high bias, aspect), leads to easy spread and the increasingly destructive power of such phenomenon. To prevent and reduce the impact of forest fires it is needed to simulate and predict the use and administration of the territory not only in forested areas, but also in all types of land use and agricultural activities, which can co-exist there, given the likelihood of fire emergence [17].

In the context of the Master's dissertation the mathematical model of surface and forest fires has been considered. A three-dimensional multiphase model based on physics has been used. The boundary problem has been solved in numerical form using the finite volume method. This model was used to describe the process of initiating and spreading surface fires and transferring them to the crown of forest fires. The distribution of the main functions of the process (velocity field, gas temperature and solid phase, oxygen concentration, gas product pyrolysis and inert components, etc.) over time has been given as the results of the numerical solutions. The scenarios simulated in the study represent a possible approach to the preliminary risk assessment and should be checked using more detailed dynamic modelling [18].

With regard to the world statistics on the loss from fires, there is an evidence of damage from fire in different countries including the direct and indirect loss, fire damage, casualties (deaths from fire in Eastern, central countries and countries of South-Eastern Europe and Central Asia: death from an accident from smoke, fire), economic losses. The data is given in tabular form. The researchers also draw attention to the fact it is necessary to encourage the government to adopt a strategy aimed at reducing the damage from fires, which is about 1% of the gross GDP in the advanced countries, because this issue has not received proper attention. To achieve this goal, the statistics collected on the national costs on fire control from twenty leading countries is annually reported to the UN Committee [19].



**Fig. 27. A Russian firefighter extinguishing a wildfire**

Over hundreds of years fire has been considered as an environmental disaster. It has been linked with reduced soil fertility, destruction of biodiversity, global warming and damage to forests, land resources and, of course, human assets. Such disputes fail to make important distinctions between different types of fires and the wrong types of fires in the wrong places.

Forest fires occur either because of anthropological or natural causes. The majority of fires around the globe are caused by human activity. Lightning is probably the most common natural cause of fire. It has been estimated that annually fires burn across up to 500 million hectares of woodland, open forests, tropical and sub-tropical savannahs, 1,015 million hectares of boreal and temperate forest, and 20-40 million hectares of tropical forests.

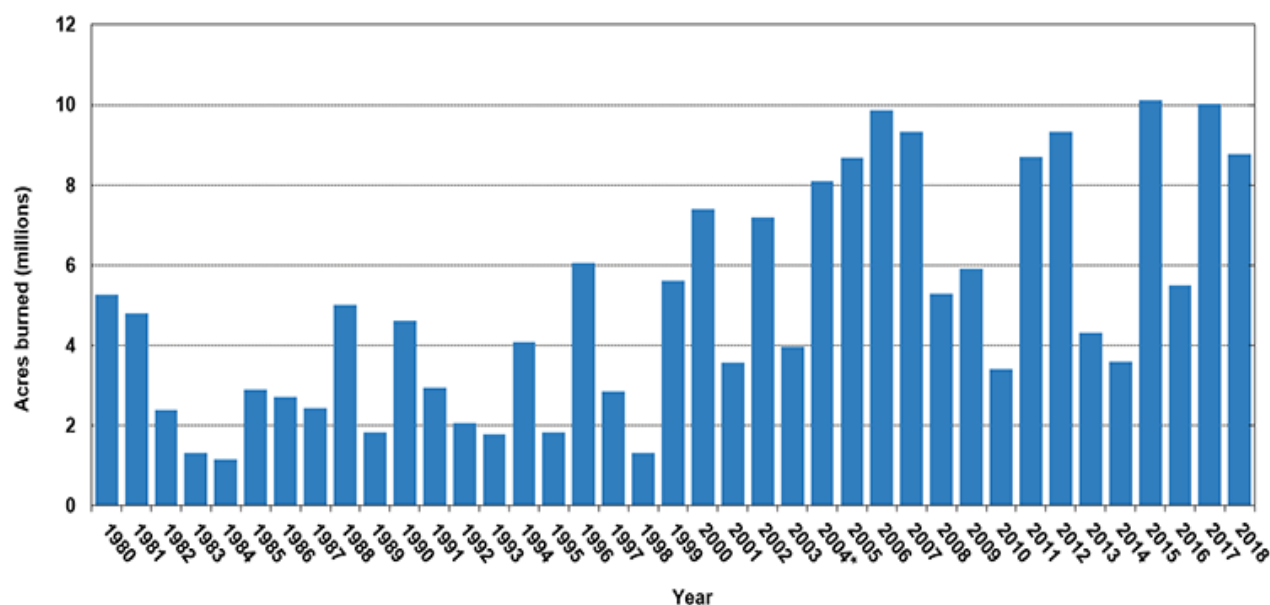
Fire is one of the oldest tools known to humans. It has been used as a management technique in land clearance for centuries. Fire is an obvious mechanism for the thousands of farmers, ranchers and plantation owners on the edge of the agriculture frontier pushing into forests. It is normally the least expensive and the most effective way of clearing vegetation and fertilising nutrient poor soils. Fires are normally lit at the end of the dry season and in most normal conditions the fires can be controlled. However, if it rains, as occurs in many parts of the tropics in El Niño years, the results can be catastrophic, as the fires are beyond the control.

Fire is a paradox as it can kill plants and animals and cause extensive ecological damage, but at the same time it is also extremely beneficial being the source of forest regeneration and nutrient recycling. According to the experts, fire is nature's way of recycling essential nutrients, especially nitrogen. For many boreal forests, fire is a natural part of the forest cycle, and some tree species, in particular lodgepole and jack pines are serotinous, their cones open and seeds germinate only after they have been exposed to fire. Mountain ash, a flowering tree of temperate Australia, also requires a spot to completely burn and be exposed to full sunlight to regenerate. In these circumstances fire is essential. Burning quickly decomposes organic matter into mineral components causing a spurt of plant growth, and can also reduce the disease incidence in the forest. But it is important to remember that under extreme weather conditions fires can destroy these forests.

In contrast, fire causes severe damage to tropical forest ecosystems characterized by high levels of humidity and moisture. They do not normally burn and are extremely exposed to severe damage from fires. The research conducted in

the Amazon is just beginning to show us what long-lasting harm from fire can be done to the tropical forest ecosystem.

The impact of forest fires can have global consequences: forest fires also produce gaseous and particle emissions affecting the composition and functioning of the jet stream and global atmosphere enhancing the climate change. Tropical forest destruction in the fire can lead to unpredictable changing weather systems.

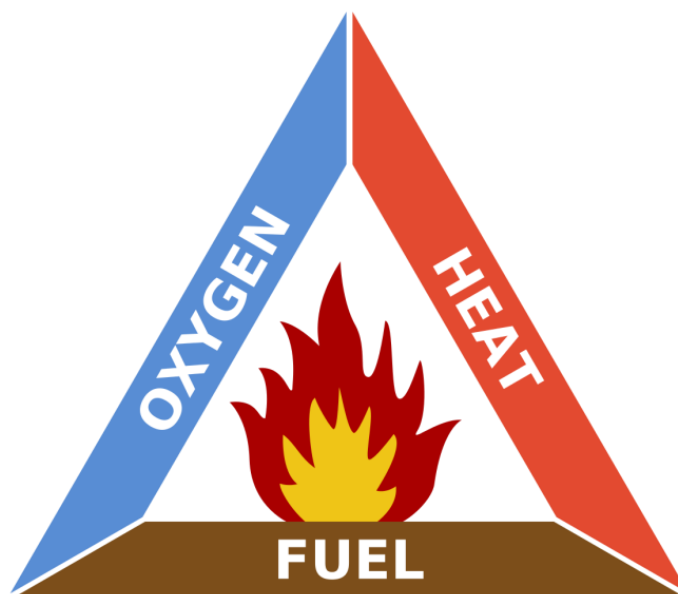


**Fig. 28. Annual Number of Acres Burned in Wildland Fires, 1980-2018**

Andy Rowell and Dr. Peter F. Moore have given an overview of the fires around the world, as well as the causes of forest fire for each individual country. For Russia, for example, the main reason for starting most fires is an economic crisis. As a result of the crisis, many people had to hunt, fish and pick wild fruits and mushrooms in the forest, which led to the emergence of many fires. The Russian authorities believe that the vast majority of the fires, roughly 70-85%, were the result of unintentional human activity, for example, lit cigarettes and disregard for fire-fighting measures, while lightning caused only about 15-30% of fires. Almost all fires in the European part of Russia, to the west of the Ural are of anthropogenic character [20].

The main source, revealing the theoretical basis of combustion mechanisms, was the article by P. Grimwood and K. Desmet, which explains the nature of fire

(oxidizer, combustible substance, ignition source), describes in detail the products of combustion (the degree of their toxicity and, impact on humans).



**Fig. 29. The Fire Triangle**

There is also a table of combustion temperatures for various substances (matches, ethyl alcohol, wood, etc.); a table for various liquid fuels with flash temperatures, self-ignition and other parameters. A lot of information on the means of individual protection, the impact on human factors of fire is presented there. We believe the data can be used in a Master's dissertation [21].

Fire can be regarded as a cure. The prophylactic burning of wood residues in the forest is a traditional method of ground clearance following harvest time. The guidance on suitable types of the cut material used for burning, the equipment, planning and techniques to ensure good management is given. The necessary legislation is specified. Environmental impacts, health and safety and atmospheric considerations are discussed and guidance before, during and after burning is provided. This technical note has been prepared as a manual based on the latest developments in burning forest residues and is the third one in a series of three guides on the forest fire control. The others include planning the controlled burning operations in forestry and extinguishing forests and moorlands [22].

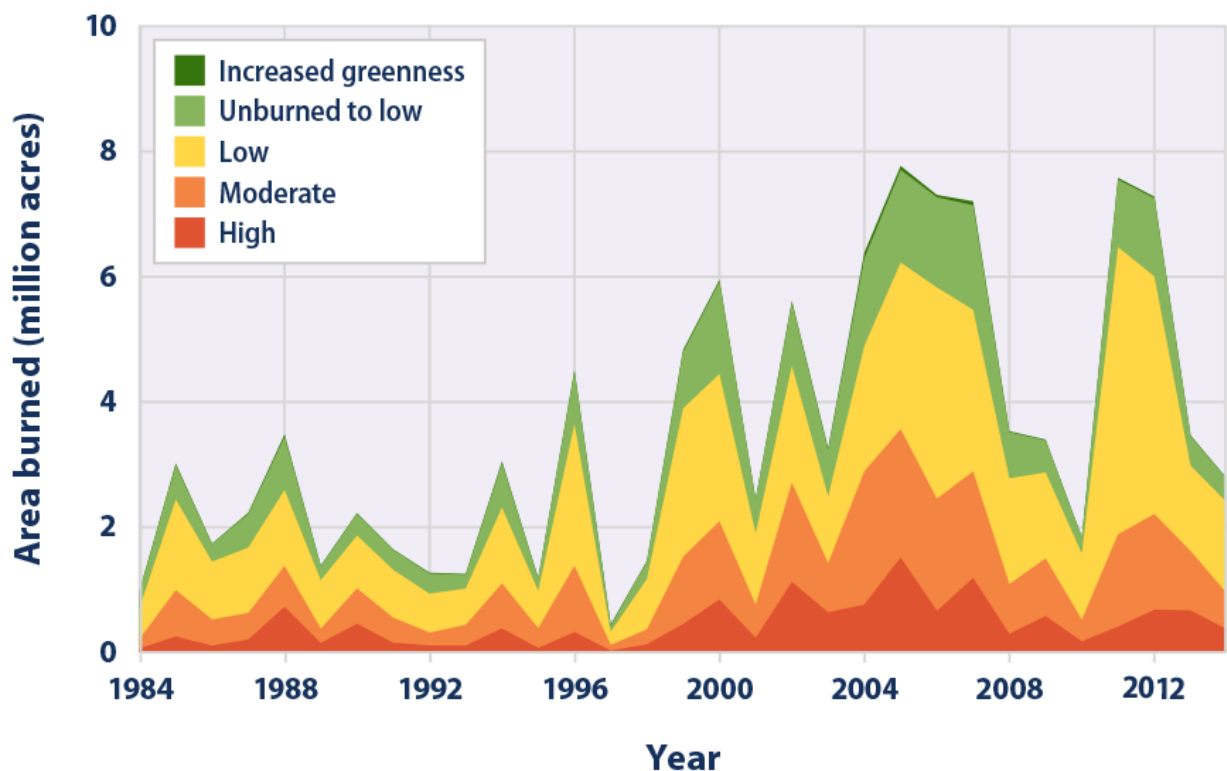
How long does the forest regenerate after the fire? The scientists from Canada tried to answer this question. The impact of local forest properties on the fire risk across Canada was also mapped. Fire is a dominant mechanism of forest renewal in most Canadian forests, and its activity is projected to increase in the coming decades. Isolated cases of fires are considered as indiscriminate forest objects; however, there is now evidence to the contrary. Therefore, our objective was to quantify the impact of forest properties on the selectivity or prevention of fire, to assess the sustainability of these effects in various combustion rates and use these results for mapping local fire risk in the forests of Canada [23].

Another article is devoted to the request to regenerate a forest after a fire in Klamath-Siskiyou. The author of the article is worried about the growth of forest fires in the Western United States. The increasing frequency and extent of forest fires in the western United States have been arousing concern due to response to after a fire management in the state forests. There is no information on the ecosystem recovery after fire, which has led to heated debate and speculations regarding the restoration of forest vegetation after damage and the need for further management actions. Therefore, a critical question arises as will these ecosystems recover themselves, and if so, how long it takes. One aspect of the restoration, the spatial and temporal variation of natural conifer regeneration evident in 9 –19 years after forest fires in California and Oregon can be reported. In contrast to expectations, natural softwood regeneration in a variety of settings has been found. Management plans can greatly benefit from using natural softwood regeneration, but managers will face the challenge of long regeneration periods and be able to accommodate high levels of variation across the landscape of a fire [24].

The given article is useful for understanding the principle of starting fires and firefighting for land owners, who can face wildfire. Whether you own a few acres or thousands, this publication can help you reduce the potential damage of your property from fires while improving the overall forest condition and natural habitat. Although these actions won't prevent your property from a wildfire, they can help to make it more fire resistant. In other words, following the guidelines given in this publication

you can reduce the severity of fire, so that most trees will survive and firefighters be able to attack and extinguish the blaze. Despite the fact that this publication provides suggestions for making your property more fire-resistant, it does not specifically address the area of defensible space immediately around your home, cabin, or other structures [25].

The environmental damage caused by wildfire can't be ignored as animals, plants, fungi suffer and the ecosystem is changed. This problem will be under study. The growth, development and diffusion of plant species are determined by different influences. Plants are increasingly exposed to various stress factors.



**Fig. 30. Damage caused by Wildfires in the United States, 1984 – 2014**

Wildfires can completely destroy the entire natural habitat complex with a large biological diversity of many species in a short period of time. This study focuses on the effects of fire, such as heat, on the plants. After fire, the environment is changed, and some species in the areas affected by fire will appear only after fire. Some species existed before the fire, will be developed according to new conditions, and some species will disappear.

The objective of the study was to assess the sustainability of natural vegetation in a fire environment, which is essential for the natural regeneration. Fire temperatures cause irreparable damage to plant functions or plant organs [26].